



**BILBOKO INDUSTRIA INGENIARITZA TEKNIKOKO
UNIBERTSITATE ESKOLA**



INDUSTRIA ELEKTRONIKAREN ETA AUTOMATIKAREN INGENIARITZA

GRADUA :

GRADU AMAIERAKO LANA

2014 / 2015

*ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIA TURBINA-PONPA
TALDEAREKIN*

MEMORIA

IKASLEAREN DATUAK

IZENA: NAIARA

ABIZENAK: GARCÍA RUIZ

SIN.:

DATA: 2015-09-10

ZUZENDARIAREN DATUAK

IZENA: M^a GORETTI

ABIZENAK: SEVILLANO BERASATEGI

SAILA: SISTEMEN INGENIARITZA ETA AUTOMATIKA

SIN.:

DATA: 2015-09-10

AURKIBIDEA

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA	1
2.1.1 SARRERA	1
2.1.2 LANAREN TESTUINGURUA ETA MOTIBAZIOA.....	2
2.1.3 LANAREN HELBURUA	3
2.2 ERABILITAKO TRESNERIA.....	6
2.2.1 OSAGAI FISIKOAK	6
2.2.1.1 TURBINA HIDRAULIKOA.....	6
2.2.1.2 PONPA ZENTRIFUGOA	10
2.2.1.3 ALTERNADOREA.....	11
2.2.1.4 TRANSFORMADOREA.....	13
2.2.1.5 PLC.....	13
2.2.1.6 BALBULA.....	15
2.2.1.7 UR-BILTEGIAK.....	15
2.2.2 ERABILIKO DIREN PROGRAMAK.....	16
2.2.2.1 SIMATIC S7 STEP 7.....	16
2.2.2.2 PLCSIM.....	17
2.2.2.3 WIN CC.....	17
2.3 DISEINURAKO BALDINTZAK.....	18
2.3.1 BONBEOZKO ZENTRALA	18
2.3.2 BONBEOZKO ZENTRAL MOTAK	20
2.3.3 BONBEOZKO ZENTRAL HIDROELEKTRIKOEN ABANTAILAK	21

2.3.4 ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIAREN EKIPAMENDU ELEKTROMEKANIKOAREN EGITURA	22
2.3.4.1 TALDE “CUATERNARIO”-A.....	22
2.3.4.2 TALDE “TERNARIO” -A.....	23
2.3.4.3 TALDE “BINARIO” -A.....	25
2.4 HARTUTAKO EBATZIA.....	26
2.4.1 ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIA TURBINA- PONPA TALDEAREN DESKRIBAPENA	26
2.4.2 ERABILITAKO MAKINARIAREN DESKRIBAPEN TEKNIKOA (TEORIKOA).....	26
2.4.2.1 TURBINA.....	26
2.4.2.1.1 Emaria (Q).....	28
2.4.2.1.2 Ur jauzia (H).....	29
2.4.2.1.3 Potentzia (P).....	29
2.4.2.1.4 Abiadura espezifikoa	29
2.4.2.2 PONPA	30
2.4.2.2.1 Emaria (Q).....	30
2.4.2.2.2 Altuera manometrikoa (H).....	31
2.4.2.2.3 Potentzia (P).....	32
2.4.2.3 ALTERNADOREA:	34
2.4.2.4 BALBULA	36
2.4.2.5 PLC EDO AUTOMATA PROGRAMAGARRIA :	38
2.4.2.5.1 Elikadura Iturria	39
2.4.2.5.2 Sarrera Blokea.....	39
2.4.2.5.3 Irteera Blokea.....	40
2.4.2.5.4 CPU	40
2.4.2.5.5 Interfazeak.....	41
2.4.2.5.6 Sarrera eta Irteerak.....	41

2.4.2.6 SENTSOREAK	47
2.4.2.6.1 Takometroa.....	47
2.4.2.6.2 Temperatura sentsorea (Pt100)	48
2.4.2.6.3 Presostato.....	49
2.4.2.6.4 Kaudalimetroa.....	49
2.4.2.6.5 Maila sentsoreak.....	51
2.4.2.6.6 Karrera amaiera.....	53
2.4.2.6.7 Sinkronoskopia.....	54
2.4.2.7 TRANSFORMADOREA	55
2.4.2.8 UR-BILTEGIAK:	56
2.5 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK	58
2.6 BIBLIOGRAFIA	59

2.1 PROIEKTUAREN HELBURUA

Memoria teknikoaren atal honetan garatutako Gradu Amaierako Proiektuari buruzko sarrera bat egingo da, lan hau garatzeko motibazioak azalduz. Landutako proiektua hainbat ingeniaritza arlo desberdin lantzen dituzenez garatutako puntuak eta lortu nahi izan diren helburuak zehaztuko dira garatutako lanaren ulermena hobetzeko. Proiektu honetan energia elektrikoa sortuko lukeen zentral hidroelektriko itzulgarri garapena aztertuko da.

2.1.1 SARRERA

Gaur egun gizartean dagoen elektrizitate kontsumo handia dela eta, erregai fosilen kontsumoa asko handitu da bai energia elektrikoaren sorketetatik bai ibilgailuen erregaien kontsumoa asko handitu delako, eta horren ondorioz, naturan aurkitu daitezkeen erregai fosil hauen kantitatea geroz eta txikiagoa da. Erregai fosil hauen eskasia dela eta azken urteotan alternatiba berrien bilaketaren garrantzia nabarmendu da, aukera hauen artean energia berriztagarrien garapenaren beharra oso nabaria izan da. Elektrizitatea lortzeko energia berriztagarrian oinarritutako alternatiba horien artean energia eolikoa, eguzki energia edota energia hidraulikoa aurkitzen dira. Proiektu honen xedea proposatutako zentral hidroelektriko itzulgarri baten garapena da, bertan energia hidraulikoaren bidez elektrizitatea sortuko delarik.

Zentral hidroelektrikoen erabilera gaur egungo gizartean geroz eta hedatuagoa dagoenez, hainbat zentral hidroelektriko mota desberdin aurkitu daitezke. Lehenbiziko bereizketa zentralak erabiltzen duen ur motetatik emanda dator, izan ere ur gezarekin edota gaziarekin lan egin dezaketen zentralak existitzen dira, hauek kokatzen diren ingurunearen arabera, eta hori makina desberdinak erabiltzea behartuko du. Orokorrean, zentral hidroelektrikoak urak daukan energia potentzial grabitatorioa energia elektrikoan bilakatzen duten instalazioak direla esan daiteke, bilakaera hori lortzeko turbinak elektrikoak eta sorgailu elektrikoak erabiltzen dituztelarik. Baina zentral hidroelektriko batzuk, proiektu honetan landuko dena esate baterako, ez dute soilik ura turbinatzen, baizik eta ura turbinatu eta ponpatu egiten dute tarifa elektrikoaren arabera. Bigarren prozesu horri esker, zentral hidroelektriko arruntetan ez bezala, turbinaketa erabilitako ura ez da galduko eta berriro erabili ahal izango da energia elektrikoa sortzeko. Ur galtze hori ekiditea lehorre garaian oso garrantzitsua izan daiteke ekosistema

mantentzen laguntzen duelako eta ur edangarria eskuratu ahal izateko, lurrean dagoen ur geza kantitatea txikia baita eta ezin delako alferrik bota ur eskasia dagoenean.

2.1.2 LANAREN TESTUINGURUA ETA MOTIBAZIOA

Esan bezala, elektrizitatea modu ekologikoan lortzeko dauden hainbat aukeren artean (energia eolikoa, eguzki energia edota energia hidraulikoa) proiektu honetan energia hidraulikoaren bidez elektrizitatea sortuko duen zentral hidroelektriko itzulgarri bat diseinatzea erabaki da.

Zentral hidroelektriko itzulgarri bat bi urtegiren beharra dauka funtzionatu ahal izateko. Zentralaren funtzionamendua aztertzeko kontuan hartu behar da tarifa elektrikoaren bailara eta punta orduak. Punta orduetan zentral mota hau goiko urtegiko ura turbinatzeaz arduratuko da, elektrizitatea sortuz. Bailara orduetan ordea beheko urtegiko ura berriro ponpatuko du goiko urtegiara elektrizitate kontsumo bat sorraraziz. Proiektu honen xedea zentral hidroelektriko itzulgarri bat garatzea da, garapen horretarako erabiliko diren makinak Kaplan turbina eta ponpa zentrifugoak izango direlarik, hauei esker zentralari itzulgarritasun ezaugarri hori ematea lortuko da.

Proiektu honetan garatuko den zentrala Oioloako urtegian kokatuko litzateke. Urtegi hau Trapagako lurraldean kokatuta egon arren, Barakaldoko udalak du bere jabetza. Urtegi honetako ura Lindano osagai kimikoaz kutsatuta dagoela jakin da, berez urtegian dauden kantitateak pertsonentzat kaltegarriak ez diren arren uharka ixteko eskaerak egin dira. Proposamen horiek aurrera egingez gero eta urtegia ixtea erabakitzen bada hor dauden instalazioak funtziorik gabe geratuko lirateke, hori dela eta proiektu honen garapenaren bidez erabilpenik gabe geratuko litzateke instalazio horrentzat erabilera berri bat proposatzen da, elektrizitate sorketarako erabiltzea hain zuzen ere. Uharka ixteko eskaerak aurrera egingo ez balute ere, instalazioak energia sorketarako erabiltzea ez luke eragin handirik izango uharkaren ur bolumenean, beraz, bi funtzioak aldi berean betetzeko erabiltzea posible izango liteke.

Zentral hau diseinatu ahal izateko Oioloa urtegiaren topografia hartu behar da kontuan, horren ondorioz ezin baita presa erabili zentrala eraikitzeko, eraikuntza hau erabili ahal izateko egituraren azpiko aldean urtegi berri bat eraiki beharko bailitzateke. Obra hori asko garestituko luke proiektu hau eta hainbat lur desjabetzeaz aparte inguruko basoa desagerraraziko luke eragin ekologiko kaltegarri handia sortuz.

Horregatik, ez-ohiko diseinu bat erabili behar da, beheko urtegi bezala Oiolako uharka erabiliko litzateke eta goiko urtegirako ordea bi ur biltegi eraikiko lirateke. Zentral honen bidez sortuko litzatekeen elektrizitate kopurua jakitea ezinbestekoa da modu ekologikoan sorturiko elektrizitate horri zenbat familia etekina atera ahal izango lioketen jakiteko. Sorturiko elektrizitate kopurua neurtzeko turbinak sorturiko potentzia kontuan hartu behar da, potentzia ezagutzeko uraren emaria, saltoa, uraren pisu espezifiko eta turbinaren errendimendua ezagutu behar dira. Behin sortuko den potentziaren balioa kalkulatu elektrizitatea kontsumituko luketen familia kopurua ezagutu daiteke eta horrela zentralak Barakaldon izango lukeen eragina jakin ahal izango da.

Proiektu hau Barakaldoko udaletxearentzat dago pentsatua. Oiolako urtegiaren urak erabiliz Barakaldok zentral elektrikoaren euskarri ekologiko bat izatea lortu nahi da. Berez zentral hidroelektriko itzulgarri honekin 313 familia elikatzeko potentzia adina izango du, sortuko den elektrizitate kantitatea dela eta. Guzti hau gauzatu ahal izateko kontuan hartu behar dira tarifa elektrikoaren prezioak (ikus *Eranskinen 3.Dokumentua* tarifei buruzko informazioa aztertzeko), kasu honetan 3.1A tarifa erabiliko da, hau 450kW baino txikiagoko potentzia eta korronte alternoko 3 periodoko tarifa bat. Horrek suposatuko du zentralak 4 orduz turbinatuko duela eta 8 orduz ponpatzen egongo dela, eranskinetan ikusi daitekeen tarifa elektrikoan 6 punta ordu agertzen den arren, ordu horiek ere ur kontsumo handiko orduak dira, hori dela eta soilik 4 orduz turbinatuko da urtegiaren ur maila egonkor mantentzeko.

2.1.3 LANAREN HELBURUA

Lanaren helburuak lortzeko hainbat arlo desberdin garatu behar izan direnez, oso interesgarria da Industria Elektronikaren eta Automatikaren Ingeniaritzako Graduan lortutako kompetentzien artean proiektu honen garapenerako erabilera handikoak izan direnak aipatzea:

- ✓ Arazoak ekimenez konpontzeko, erabakiak hartzeko, sormena erabiltzeko, arrazoiketa kritikoak egiteko eta industria ingeniariaren arloko, industria elektronikaren eta automatikaren berriazko teknologian; ezagutzak, trebetasunak eta abileziak komunikatzeko eta transmititzeko gaitasuna

- ✓ Neurketak, kalkuluak, balorazioak, tasazioak, peritazioak, azterketak, txostenak, lanen planak eta antzeko beste lan batzuk egiteko ezagutzak.
- ✓ Nahitaez bete beharreko zehaztapenekin, araudiekin eta arauekin lan egiteko gaitasuna.
- ✓ Konponbide teknikoen gizarte eta ingurumen eragina aztertzeko eta baloratzeko gaitasuna.
- ✓ Antolatze eta planifikatzeko gaitasuna, enpresaren eta beste instituzio eta erakunde batzuen arloan.
- ✓ Hizkuntza eta diziplina anitzeko ingurune batean lan egiteko gaitasuna.
- ✓ Industria ingeniari tekniko lanetan, industria elektronikaren eta automatikaren berariazko teknologian, aritzeko beharrezko legeria aplikatzeko beharrezko ezagutza, ulermena eta gaitasuna.
- ✓ Metodologia zientifikoko estrategiak aplikatzea: egoera gatazkatsuen kualitatiboki nahiz kuantitatiboki aztertu eta hipotesiak eta soluzioak planteatu, industria ingeniartzako ereduak erabiliz, industria elektronikaren eta automatikaren espezialitatean.

Zentral hidroelektriko itzulgarri bat hain proiektu handia izanik ingeniartzar arlo desberdinak lantzen dira, hori dela eta hurrengo puntuetan Industria Elektronikaren eta Automatikaren Ingeniartzako Graduaren barne garrantzi handiagoa duten atalak nabarmendu nahi dira.

- Zentralaren langileek erabiliko luketen SCADA interfazearen garapena. Interfaze honek zentralaren egoera momentu oro ezagutzea ahalbidetuko du, horrela langileari funtzionamendua egokia dela bermatzea ahalbidetzen zaio. SCADA honetan makineriaren datuen irakurketa, funtzionamendu egoera adierazi eta kontrolatu ahal izango da.
- Sentsorek jasotako datuak PLC baten bidez eskuratzea, automata programagarri hauen programazioa. PLCa eremuko tresnak

kontrolatzen dituzten sistema adimentsuak dira maila honetan area mailaren helburuak lortzeko. Kasu honetan eremu tresnak sentsoreak, turbina, ponpa eta makina sinkronoa izango dira. Sistema adimentsuak direnez programaturik egongo dira, horri esker erabakiak hartzeko gaitasun mugatua izango dute (adibidez alarma egoeretan edota PID-rako).

- Erabiliko diren makinaren erregulazioa eta kontrola funtzionamendu egokia bermatzeko. Makina hauen abiaduraren erregulazioa gauzatu beharko da, alternadoreak eta turbinak erreboluzio berdinak izan behar dituztelako funtzionamendua ona izan dadin. Horrez gain turbinen alabeak mugikorrek direnez kontuan hartu behar da hauen posizioa kontrolatu behar dela, horretarako pistoi hidraulikoaren kontrola gauzatuko da. Makineriaz gain balbulen posizioa ere kontrolatu beharko da, azken hau SCADAren bidez gauzatuko da.

2.2 ERABILITAKO TRESNERIA

Proiektu hau garatzeko erabiliko diren materialak aurkeztuko dira atal honetan. Material hauen azalpena bi taldetan sailkatuta ematen da. Alde batetik, zentral hidroelektrikoa eraikitzeke beharrezkoak diren osagai fisikoak (makinak, eraikuntzak ...) deskribatuko dira, eta bestetik, zentralaren funtzionamendu egokia lortu eta kudeatzeko erabili beharko diren software edo programak deskribatuko dira.

2.2.1 OSAGAI FISIKOAK

Lehenengo atal honetan, proiektu honetan proposatutako zentral hidroelektrikoa eraikitzeke eta osatzeko beharrezkoak diren osagai fisikoak deskribatzen dira. Horretarako, hurrengo azpiataletan elementu hauek izango dituzten funtzioak azalduko dira.

2.2.1.1 TURBINA HIDRAULIKOA

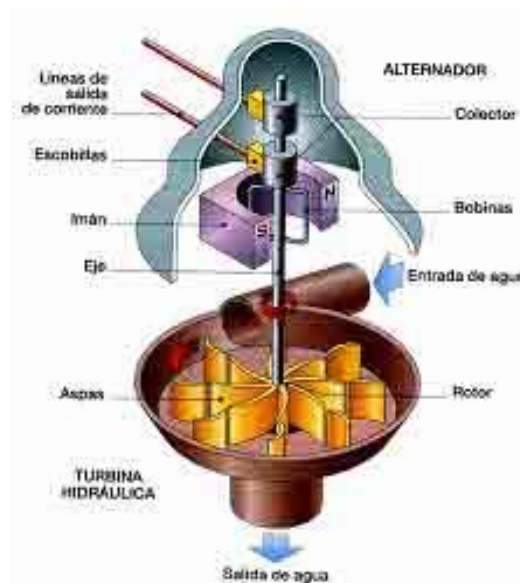
Orokorrean, turbina hidrauliko bat uraren energia zinetiko eta potentziala energia birakorrean bilakatzeko erabiltzen den elementua dela esan daiteke. Dispositibo hauen funtzionamendua uraren mugimenduan oinarritzen da. Elementu honen bidez uraren emaria turbinaren erdigunean dagoen banatzaileara bideratzen eta erregulatzen da. Turbinaren erdian rodete izeneko elementua aurkitzen da, elementu hau turbinaren ardatzera konektaturik dagoen gurpil birakor bat da.

Turbinan dauden rodete eta banatzaileari esker uraren energia potentziala, energia zinetikoan bihurtzen da. Turbinaren ur sarrera eta irteeraren artean dagoen altuera desberdina dela eta fluidoaren norabide eta magnitudean aldaketak sortzen dira, hauen ondorioz rodetean indar tangentialak agertzen dira, eta hauek rodetea biratzea eragiten dute energia mekanikoa sortuz.

Turbina hidrauliko mota desberdinak aurkitu daitezke emari eta ur jauziaren arabera, baina berez ez dago zehaztuta zain turbina mota erabili behar den egoera bakoitzerako. Honen ondorioz, hasiera batean bi turbina mota desberdin erabili ahal izango lirateke egoera berdinerako, beraz egoera bakoitzerako turbinarik egokiena aukeratzeko beste faktore batzuk hartu behar dira kontuan, hala nola erabiliko den turbinaren tamaina eta kostua. Turbina moten artean Pelton, Francis eta Kaplan turbinak

dira gehien erabiltzen direnak (ikusi [2]). Beraz, turbina mota hauen ezaugarririk nabarmenenak azalduko dira ondorengo paragrafoetan. Turbina hidraulikoen aukeraketarako ur saltoaren altueraren eta turbinaren potentziaren menpekoa den abiadura espezifikoa hartu behar da kontuan.

Pelton turbinak ur-aske-zurrustadun turbinak dira. Turbina hauek ur-jauzi handi eta emari txikietan erabiltzeko diseinatuak daude. Mota honetako turbinak 100m eta 2000m arteko jauziak daudenean erabiltzen. Pelton turbinak gorpil berezi batez daude osatuak, ura norabide tangenzialean helduko da gorpilera horrek suposatzen du turbina honen palak koilara itxura eduki behar dutela inpultsua jasotzeko. 2.2.1. *Irudian* Pelton turbina baten egituraren eskema ikusi daiteke. Pelton turbina emari txiki eta altuera handietan erabiltzeko diseinatu dagoenez turbina honen potentzia ur jauziaren altueraren menpe egongo da eta ez emariaren menpe. Honen ondorioz, abiadura espezifikoaren balioa baxua izango da, 50 rpm baino txikiagoa.

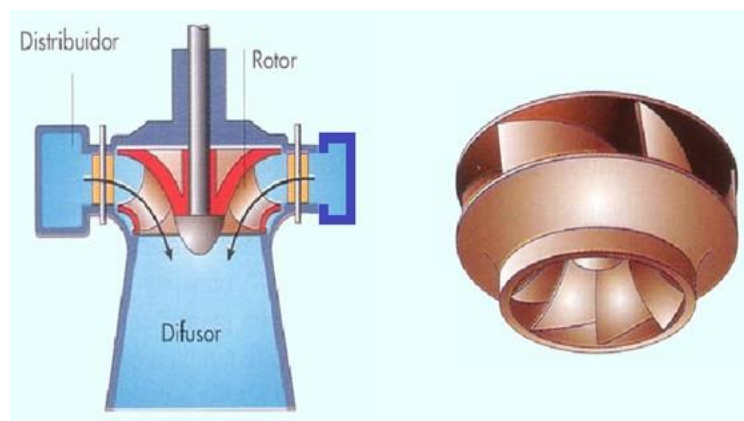


2.2.1. *Irudia. Pelton Turbina.*

Francis turbina erreakzio turbina hidrauliko bat da, horrek esan nahi du uraren sarrera rodetearen periferian dagoela kokatuta. Mota honetako turbinak 30m eta 5500m arteko ur-jauziak eta emari ertainak daudenean erabiltzen da normalean. Emari desberdinak erabiliz Francis turbinen errendimendu desberdinak lortu daitezke. Hortaz, emari anitzekin daudenean errendimendu altuak lortu daitezke eta horren ondorioz energia elektrikoaren sorreran gehien erabiltzen diren turbinak dira, hau turbina mota hau zentral hidroelektrikoetan kasu gehienetan aurkitu daitezkeenak dira. 2.2.2. *Irudian*

Francis turbinaren egituraren eskema ematen da. Francis turbinen abantailen artean bere abiadura espezifiko Pelton turbinenena baina handiagoa dela azpimarratu beharra dago, 75 rpm eta 400 rpm arteko abiadura espezifiko hain zuzen ere. Hori dela eta Francis turbinaren egitura uraren sarrera rodetearen periferian dagoenez bere rodetea Pelton turbinarena baino txikiagoa izango da.

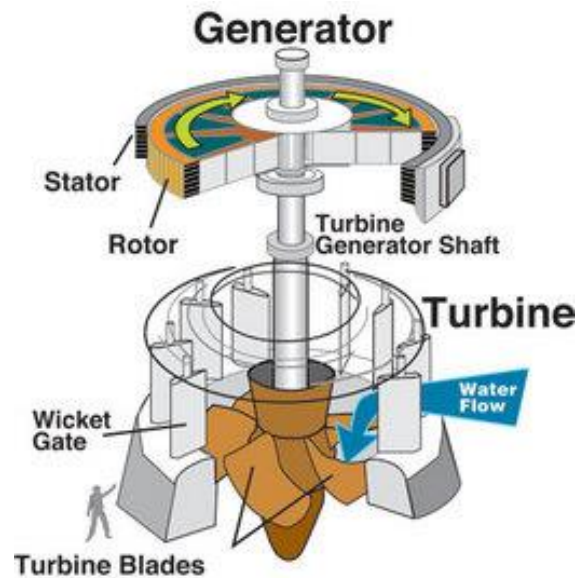
Turbina honen funtzionamenduaren ezaugarriak hobeto ulertzeko fluxu axial eta radial kontzeptuak ezagutu behar dira. Alde batetik, fluxu axiala turbinaren biraketa ardatzarekiko paraleloa den ur fluxua bezala definitzen da, bestetik, fluxu radiala biraketa ardatzarekiko perpendikularra den fluxua bezala definitzen da. Bi kontzeptu hauek ezagututa kontuan hartu behar da makina hauen kasuan turbinatik igaroko den emaria handitzen den heinean altuera murriztuz joango da, hori dela eta rodetearen geometria eraldatzen joango dela.



2.2.2. Irudia. Francis Turbina.

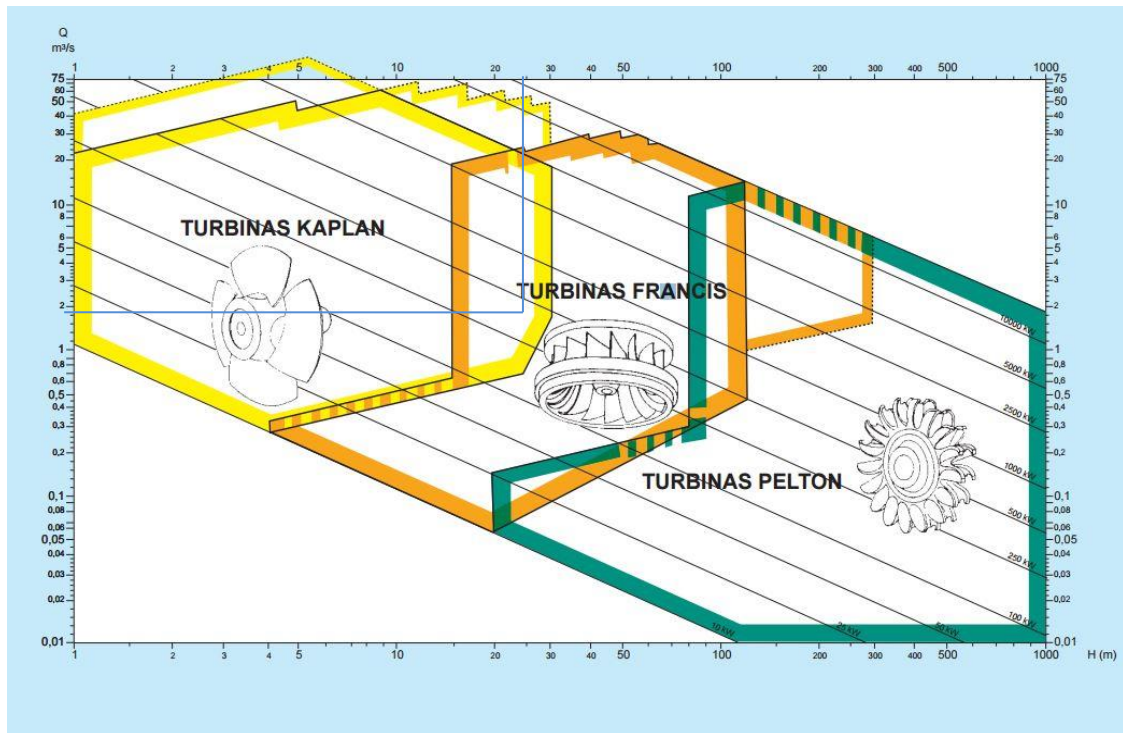
Kaplan turbinak fluxu axialeko erreakzio turbinak dira, eta normalean 2 eta 40 metroko ur-jauzietan erabiltzen dira. Kaplan turbinan turbinaren errotorearen palak eta banatzailearen alabeak mugikorak, baina banatzailearen alabeak finkoak izanez gero semikaplan turbina bat dela esaten da. 2.2.3. *Irudian* Kaplan turbina baten egituraren eskema aztertu daiteke, semikaplan turbinek egitura berdina daukate banatzailearen alabe finkoak direlarik. Kaplan turbinak eskaintzen duen erregulazio bikoitz horren ondorioz, mota honetako turbinak emari eta salto aldakorrek erabili daitezke, gaitasun honi esker turbinak errendimendu onargarri bat mantenduko du emariaren aldaketak

gertatu arren. Semikaplan turbinak aldiz emari aldaketetara ondo moldatzen dira baina jauzi aldaketak edukiz gero ezin dira erabili.



2.2.3. Irudia. Kaplan Turbina.

Behin erabili ahal diren turbina mota desberdinak aztertuta, proiektu honetan Oiolako urtegia kokatzeko diseinatutako bonbeo puruko zentral hidroelektrikoan erabiliko den turbina aukeratu behar da. Horretarako 2.2.4. *Irudian* agertzen den grafikoa eskaintzen duen informazioa erabili da, bertan turbina bakoitzaren emari eta ur jauziaren arteko erlazioa aztertu daitekeelarik. Kasu honetan ur-jauzia konstante mantentzen denez, Semikaplan turbina bat erabiltzea erabaki da, izan ere, hauek egongo den emari handiarekin funtzionatzeko gai izango delako eta izango den ur saltoa ez delako oso handia izango ingurunearen mapa topografikoa dela eta. Hala ere 2.2.4. *Irudian* kontutan izanda hasiera batean funtzio berdinerako Francis turbina bat ere erabili daitekeela ikusi daiteke, baina proiektu honen xehetasunak kontutan izanda Francis turbina baztertu egin da bere tamaina handia dela eta.

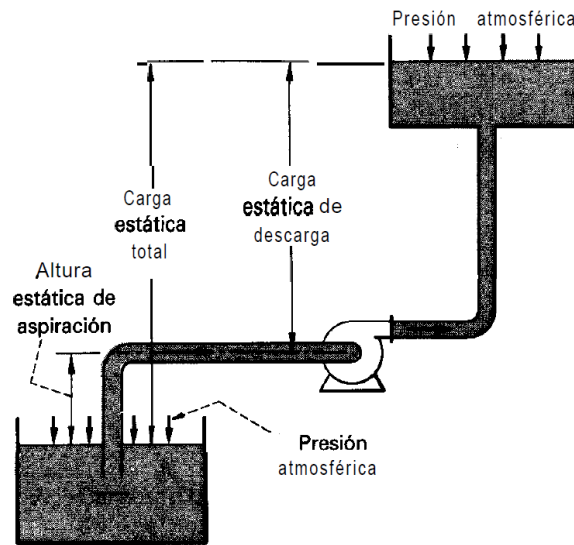


2.2.4. Irudia. Turbinen lan tartea.

2.2.1.2 PONPA ZENTRIFUGOA

Ponpa likidoen transferentzia egiteaz arduratzen den makina mekanikoa da. Likido transferentzia hau presio txikienerako gainazalitik handienekora bidaltzen du. Ponpaketa funtzio honen helburua likido bati energia zinetikoa eta potentziala ematea da puntu batetik bestera mugitu ahal izateko. Emandako energia horri esker likidoa ur-hodi batetik altuera handiagora bidali daiteke 2.2.5. Irudian adierazten den moduan, bertan bi urtegiren arteko ponpaketa prozesua irudikatuta dago.

Existitzen diren ponpa mota desberdinen artean proiektua garatzeko ponpa zentrifugoa erabiliko da. Ponpa zentrifugoa eragingailu mekaniko baten energia mekanikoa uraren kota handitzeko beharrezkoak diren energia zinetikoan eta potentzian eraldatzen du. Proiektu honetan garatutako zentralaren kasuan eragingailu mekaniko hori saretik elikatzen den korrante alternoko motor bat izango da. Makina hau eguneko bailara orduetan egongo da lanean, hau da elektrizitatearen kontsumoa merkeen diren orduetan. Hau da egunean zortzi orduz egingo du lan, baina kostua ez da hain handia izango, Iberdrolako tarifa elektrikoak kontutan izanda kalkulu hau egin daiteke.



2.2.5. Irudia. Ponpa baten funtzionamendua.



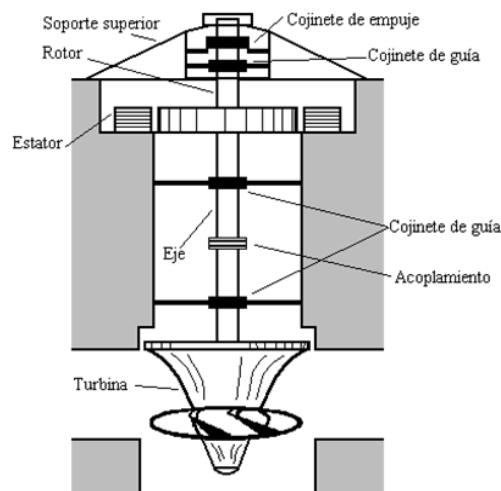
2.2.6. Irudia. Ponpa Zentrifugoa.

2.2.1.3 ALTERNADOREA

Alternadoreak energia mekanikoa elektrikoan eraldatzen duen sorgailu moduko makina birakorra bezala ikusi daiteke. Sorgailu honek errotore deritzon parte mugikor batez eta estatorea deritzon parte finko batez dago osatua. Sorgailua funtzionamenduan dagoenean inductore moduan egiten du lan, hau da parte batek, inductorea, fluxu magnetikoa sorraraziko du besteak, induzitua, energia elektriko sor dezan. Sorturiko energia elektriko motaren arabera bi sorgailu talde nagusi desberdinu daitezke, dinamoak eta alternadoreak.

Sorgailu dinamiko edo Dinamo batek sortuko duen elektrizitatea korrante zuzenean kanporatuko da. Kasu honetan makinaren atal induktorea estatorea izango da eta induzitua ordea errotorea. Sorgailu alternadore batean aldiz sorturiko elektrizitatea korrante alternokoa izango da, eta kasu honetan elementu induktorea errotorea izango da eta induzitua ordea estatorea. Kontuan izan behar da alternadorearen kasuan beste sailkapen bat egin daitekeela sorgailuan erabiliko den makina asinkrono edo sinkronoa izango den aukeratu behar delako

Zentralen hidroelektriko baten kasuan turbinaren mugimendu mekanikoaren ondorioz sortuko den energia elektrikoa korrante alternokoa izango da, beraz alternoko sorgailu baten beharra dago. Energia elektrikoaren sorkuntzarako turbinaren ardatzaren muturrean jarriko da alternadorea. erabiliko den kaplan turbina eta alternadore sistemaren egitura ikusi daiteke 2.2.7. *Irudian*, bertan zehaztasun handiagoarekin adierazita dago bi elementu hauek korrante elektrikoa sortu ahal izateko osatu behar duten egituraren deskribapena.



2.2.7. *Irudia. Alternadorea eta Kaplan turbina.*

Kaplan turbina abiadura konstantean mugituko denez alternadore sinkrono bat erabiltzea erabaki da. Sorgailu mota hau oso erabilia da energia elektrikoaren sorketan, hala nola zentral hidrauliko, termiko eta nuklearretako alternadore bezala. Makina sinkronoaren biraketa abiadura sareko maiztasunarekin zuzenki erlazionatuta dago, hori dela Europar erabiltzen den goi tentsioko sareko maiztasuna normalizatua dagoenez 50Hz, biraketa abiadura ezagutu daiteke. Biraketa abiadura horrek turbinak izan

beharreko biraketa abiadura baldintzatuko du. Zentral hidroelektrikoetan erabiltzen diren makina hidraulikoen sinkronismo abiadura 750 rpm eta 100 rpm artekoa izaten da, oso abiadura handiak ez direnez 4 pare poloko makinak erabiltzen dira.

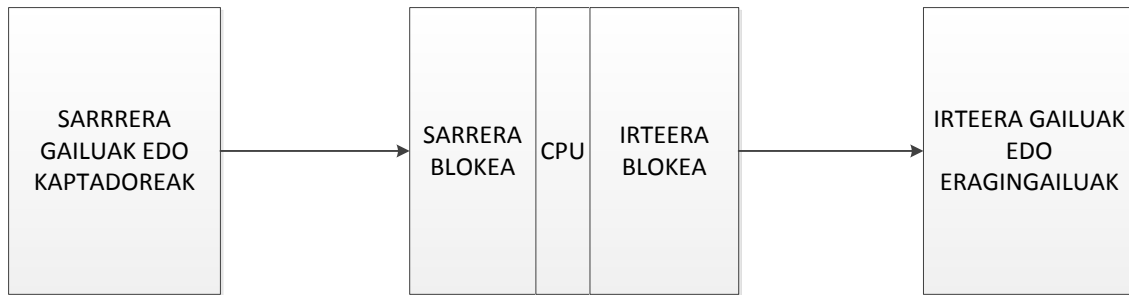
2.2.1.4 TRANSFORMADOREA

Transformadorea korrante elektrikoaz elikatzen den makina elektriko estatikoa da, makina hauek harilkadura primario batez eta sekundario batez daude osatuak eta beraien zeregina energia elektrikoaren tentsioa handitzea edo txikitzea da. Modu horretan turbinak sorturiko elektrizitatea goi tentsioko sarera bidali ahal izango da, turbinak sortutako tentsioa ez delako nahikoa goi tentsioko sare batera konektatzeko. Transformadoreen harilkadurek izen berezia daukate: tentsio altueneko aldeari tentsio altuko harilkadura izena ematen zaio eta tentsio baxuko aldeari ordea tentsio baxuko harilkadura.

Transformadorearen hozketa sistema aukeratzeko orduan kontuan izan behar da sistema desberdinak daudela: haizegailu bidez, olio bidez, etab. Zentral honen kasuan hozketarako erabiltzen diren olioak ekiditu behar dira ur edangarriarekin lan egingo denez – ur horren kalitatea mantendu behar delako. Hozketarako olioak ekidituz gero uraren kutsadura ez dela gertatuko bermatzen da, olio horiek oso kutsakorrak baitira eta transformadorea birziklatzea ekiditen dutelako. Hozketarako olioak ez direnez erabiliko transformadore lehor bat erabiltzea erabaki da, potentziaren arabera haizegailu bat erabili behar da, ordea potentzia baxukoa baldin bada ez da beharrezkoa hozketa sistema ezartzea.

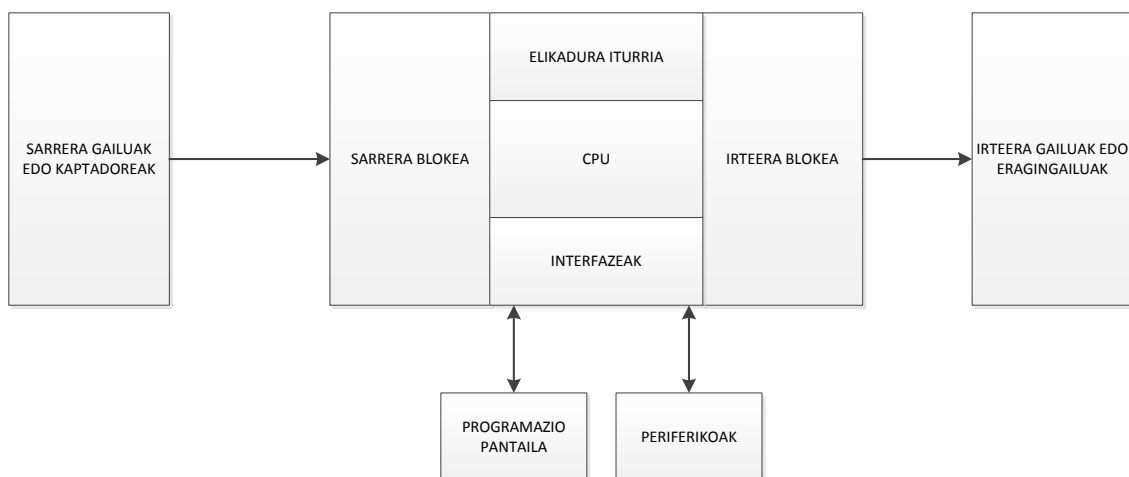
2.2.1.5 PLC

PLC-ak (Programmable Logic Controller) bonbeozko zentralaren eremuko tresnak kontrolatzen dituzten sistema adimentsuak dira. PLC bat edo automata programagarri bat kanpoko eragingailuak kontrolatzeko, sentsoretatik informazioa jasotzeko eta programatzaileak egindako programaren arabera jasotako informazioa erabiliz erabakiak hartzeko gaitasuna duen makina da. PLC baten blokeen bidezko adierazpen orokorra ematen da 2.2.8. *Irudian*.



2.2.8. Irudia. PLC egitura orokorra.

PLC bat funtzionamendu egokia izan dezan 2.2.8 Irudiko egitura orokorra kontutan izateaz gain 2.2.9. Irudian adierazita agertzen diren blokeak kontutan hartu behar dira, bertan adierazitako azpi atal horiek 2.2.8. Irudiko egitura orokorraren blokeen barnean dauden azpiatalak direlarik.



2.2.9. Irudia. PLC funtzionamenduaren bloke diagrama.

Automata programagarri honen bidez bonbeozko zentralaren sentsoreek jasotako informazioa pantaila batera eramango da langileak informazioa ikusi eta azertu dezan makinaren egoera ezagutu ahal izateko. Horrez gain PLCaren programak zentrala eskuzko funtzionamenduan edo funtzionamendu automatikotan edukitzea ahalbidetuko du, gainera alarma egoeraren bat sortuz gero akatsa duen makina gelditzeko agindua bidaliko du, langileari abisua emanaz eta beharrezko konponketak zein makinatan egin behar diren adieraziz. Behin konponketa egin denean eskuzko funtzionamenduaren bidez makina ondo dabilela frogatu ahal izango da.

2.2.1.6 BALBULA

Balbulak sistema hidraulikoetan eragingailuen funtzionamendua kontrolatzeko erabiltzen diren elementuak dira. Horrez gain zirkuitu hidrauliko baten presioa eta emaria erregulatzeko, seinaleak bidaltzeko eta likidoaren norabidea zehazteko erabiltzen dira. Balbula sistemak hiru multzo nagusitan banatu daitezke: presioaren kontrolerako, fluxuaren kontrolerakoak eta norabidearen kontrolerako erabiltzen direnak.

Proiektu honetan zortzi balbula erabiltzea erabaki da, matxurak egonez gero, hondaturiko parteak isolatu ahal izateko eta makinetan edota materialean egin beharreko konponketak modu seguru baten egin ahal izateko. Balbula hauek honela banatuta daude egituran zehar, horietako lau balbula ur-biltegiatan kokatuko dira uraren turbinatzea eta ponpaketa kontrolatu ahal izateko, beste bi turbinaren hodian kokatuko dira eta azkenengo biak ponparen hodian. Balbulen egoera SCADA sistemaren bidez ezagutarazi ahal izango zaio langileari.

Bonbeozko zentral honetan uhate balbulak erabiltzea erabaki da, balbula mota honetan bakarrik bi funtzionamendu egoera daude: ON egoera ura pasarazten denean eta OFF egoera ordea likidoa pasatzen ez denean. Mota honetako balbulak ez daude erregulatzeko diseinatuak, horregatik guztiz irekita edo itxita egon behar dira, ezaugarri honi esker uraren eta presioaren ondorioz uhateak jasaten duen higadura murrizten da ur galerak ekidituz. Uhate motako balbulak bi noranzkoak dira eta uraren igarotzean oztoporik gabekoa izango dela bermatzen du. Funtzionamendu hau dela eta ebaketa balbula bezala ere ezagutzen dira.

Balbula hauek oso erabiliak dira beraien erabilerraztasunagatik, gainera aukera oso ekonomikoa dira zerbitzu orokorreko lanetan. Zentral honetan beraien erabilera oso orokorra izango denez aukera egokiena dira, gainera higadura murrizten dutenez balbulen erabilera denbora asko handituko da.

2.2.1.7 UR-BILTEGIAK

Proiektu honetako diseinuan bi ur biltegi erabiliko dira, hauetariko bakoitza 13000 m³-koko kapazitatea izango duelarik. Horrez gain biltegiak tapa bat izan arren

kanpoko airea pasazazteko tarte batzuk izan behar ditu horrela biltegi barneko urak jasango duen presioa atmosferako presioa izango dadin.

Biltegi bakoitzak sentsore bana daukate biltegiaren ur maila maximoa eta minimoa ezagutzeko, horri esker noiz turbinatu edo ponpatu jakin ahal izango da. Maila sentsorearen bidez ur biltegiaren maila minimoa dagoenean informazio hori PLCra bidaliko da alarma bat emanez, ponpa geldituz eta turbinatzeko aukera baimenduz. Baina sentsoreak maila maximoa markatzen duenean kontrako egoera sortuko da, zehatzago esateko SCADA interfazean alarma piztuko da, turbina geldituz eta ponpatzeko agindua baimenduz. Aginduak baimentzea ez du esan nahi agindua exekutatu denik, baizik eta nahi izatekotan, une horretan agindua eman daitekeela.

2.2.2 ERABILIKO DIREN PROGRAMAK

Behin zentral hidroelektriko itzulgarrian erabiliko diren makinak edo hardwarea aztertu denean, makinaren kontrola egiteko beharrezkoa den softwarea azalduko da hurrengo puntuetan, hau da softwarea garatzeko erabiliko diren programak edo erremintak ezagutaraziko dira.

2.2.2.1 SIMATIC S7 STEP 7

Automaten programaziorako hainbat programa mota desberdin aurki daitezke merkatuan erabilitako PLCaren arabera. Proiektu honetan Siemens etxeko PLC birtual bat erabiliko denez programaziorako Siemens etxeak garatutako SIMATIC S7 STEP 7 software erreminta erabiltzea erabaki da. Izan ere, SIMATIC automatak oso erabiliak dira gaur egungo industrian eta IEC 61131-3 araua jarraitzen dutelako, arau hau Kontroladore Logiko Programagarrien estandar internazionala da, bertan programazio lengoaiak zehazten dira eta lengoia grafikoren estandarrak finkatzen ditu, hori dela eta lege hau betetzea ezinbestekoa da funtzionamendu egokia izan dezan eta programatzaile guztientzako ulergarria izan dadin.

DIN EN 61131-2 araua Komisio Elektroniko Internazionalak zehazturiko arau eta txosten teknikoaren multzoa da, arau honen helburua automata programagarriak

estandarizatzean da. Horretarako arau hau hiru programazio lengoaiatz dago hornituta: FBS (Funktionsbausteinsprache FUP Funktionsplan) funtzio diagrama, KOP (Kontaktplan englisch LD o LAD) kontaktu diagrama eta AWL (Anweisungsliste englisch STL) instrukzio zerrenda. Horrez gain beste zenbait lengoiaia gehigarri dauzka: S7 SCL (Structured Control Language) testu lengoiaia egituratua, S7-Graph (grafisch programmierbare) grafiko programagarriak, S7 HiGraph ETA S7 CFC (Continuous Function Chart) .

AWL edo instrukzio zerrenda mihizadura lengoaiaren antzekoa da eta SCL-a bezala testu programazioan oinarritzen da. Kasu honetan erabiliko diren programazio erreminta guztiak programazio grafikoko interfazeak eskaintzen dituzte. Gainera, operazio guztiak zentralizatuak egongo direnez, edozein datu motarekin funtzionatzea ahalbidetzen dute.

2.2.2.2 PLCSIM

S7-PLCSIM S7 automata programagarri baten funtzionamendua simulatzea ahalbidetzen du. Hardwarean konexiorik ezarri gabe programak konprobatzea ahalbidetzen duen tresna da, horretarako erabiltzaile interfaze grafiko bat erabiltzen da programaren aldagaiak ikusi eta aldatzeko. Horrez gain programa ziklo bakar edo jarraituan exekutatzeko ahalbidetzen du.

Proiektu honen diseinua garatzeko ezinbesteko erreminta da, ez delako eskuragarri izan 60 sarrerako eta 24 irteerako automata bat. Errealitatean Siemens etxeko automata bat erabiliko da proiektuaren garapenerako baina SCADAren inplementazioa frogatzeko ez da beharrezko automata fisikoa erabiltzea erreminta honi esker.

2.2.2.3 WIN CC

SIMATIC WIN CC ordenagailu bidezko ikuskatze sistema bat da, Microsoft Windows 95 eta Windows NT-rentzat bereziki diseinaturikoa. WIN CC fabrikazio lerro, makina eta instalazio prozesuen ikuskatze eta erabilpenerako sortu zen. Sistema honen aukeren artean prozesuan zehar sorturiko gertakarien abisuak ematea, neurketa balioen fitxategien sorrera eta zerrendaketa aurkitzen dira.

2.3 DISEINURAKO BALDINTZAK

Sarreran azaldu den bezala energia berriztagarrien garapena geroz eta garrantzitsuagoa da. Existitzen diren aukera desberdinen artean zentral hidroelektrikoen garrantzia nabarmena da, geroz eta erabiliagoak baitira energia elektrikoaren sorrerarako. Energia hidroelektrikoaren garapena dela eta, hainbat zentral mota desberdin aurkitu daitezke kokatuko diren topografiaren arabera edo izan beharko dituzten ezaugarrien arabera, esate baterako zentral maremotrizak, zentral hidroelektriko arruntak, bonbeozko zentralak, etab. Proiektu honetan proposatzen den zentral hidroelektrikoa kokatuko den Oiolako urtegiaren ezaugarrietara egokitu behar dela kontutan izanda bonbeozko zentral hidroelektriko itzulgarri bat garatzea erabaki da. Atal honetan diseinua baldintzatzen duten xehetasunak azaltzen dira.

2.3.1 BONBEOZKO ZENTRALA

Enpresa elektrikoek jasaten duten elektrizitate eskaera oso irregularra denez geroz gehien erabiltzen diren zentral hidroelektrikoak itzulgarriak dira. Zentral hauek erabiliz kontsumo gutxiko orduetan sortu den gehiegizko elektrizitatea gordetzea lortzen da, horrela kontsumo handieneko orduetan elektrizitate hori erabili (edo itzuli) ahal izango da handiagoak diren eskaera horiek asetzeko. Zentral hauen egitura dela eta bere eraiketa eta diseinua ingurunearen orografiarekiko menpekotasun handia du.

Gainera, enpresa elektrikoak duten elektrizitate eskaeren menpekotasunaren ondorioz, sistema elektrikoak funtzionamendu irregularra izango du, eta honen ondorioak ez dira soilik arlo ekonomikoan nabarituko baizik eta zentralaren ezaugarri teknikoetan ere.

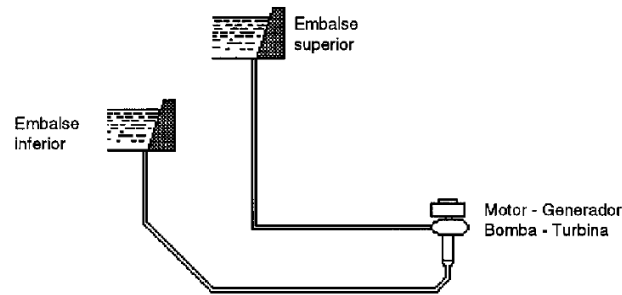
Arlo ekonomikoan, irregulartasun hori potentziaren aldaketak sortzen ditu, hau da potentzia desegonkorrak sortarazten du. Hau arazo larririk sortu ez dezan, alde batetik zentralaren ustiapena baxua denean, enpresek potentzia minimo bat mantendu behar dute instalazioan, bestetik punta orduetan gainditu ezin daitekeen potentzia maximo bat finkatu behar dute, eta horrez gain potentzia erreserba bat izan behar dute instalazioetan ezustekorik gerta ez dadin. Horregatik instalazio hauek kapitalaren

ibilgetu eta kostu finko batzuk dauzkate enpresen egonkortasun ekonomikoa ziurtatzeko.

Alde teknikoari dagokionez punta orduetan beharrezko potentziaren aldaketak azkarrak izan daitezke, horregatik turbina talde desberdinetako potentzia erreguladoreak aldaketa hauek jarraitzeko gai izan behar dira. Azkartasun hori dela eta, instalazioak erregulazio errazekoak, abiadura azkarrekoak eta muga tekniko gutxikoak izan behar dira. Helburu hori kontutan izanda energia elektrikoaren sorreran lan egiten duten enpresek zenbait soluzio proposatzen dituzte potentzia aldaketa hauek murrizteko eta instalazioen erabilera denbora handitzeko.

Enpresen lehenengo proposamena harpidedunen kontsumo ohiturak aldatzean datza. Aldaketa hori bailara orduetako elektrizitate kontsumoa handitzea izango litzateke, baina horretarako kontsumitzaile guztien tarifak aldatu beharko lirateke, baina enpresak berak aitortu duten bezala aukera hau ez da batere bideragarria kontsumitzaileen ohiturak enpresen interesen arabera moldatzea ezinezkoa delako. Aldaketa hori lortzeko helburuarekin, adibidez, tarifen eskaintza berritzeaz gain bezero guztien tarifa elektrikoak ere aldatu beharko lirateke horretarako tarifa berrien eskaintza aztertu beharko litzateke eta bezero guztien tarifa elektrikoa aldatu beharko litzateke.

Enpresek proposaturiko bigarren irtenbidea bailara orduak deritzon kontsumo gutxienerako orduetan enpresari eskaera artifizial bat sortzean oinarritzen da. Hau da bonbeozko zentraletan egiten dena hain zuzen ere. Bonbeozko zentraletan energiaren kontsumo artifizial hori ura ponpatzeko erabiltzen da, horrela energia potentziala ematen zaio likidoari geroago punta orduetan energia elektriko bezala itzuli ahal izateko. Honen guztiaren ondorioz bonbeozko zentralen erabilera asko hedatu da azken urteotan. *2.3.1. Irudian* bonbeozko zentral baten egituraren eskema orokorra ikusi daiteke.



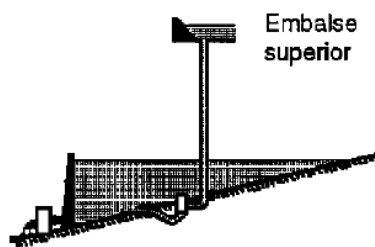
2.3.1. Irudia. Zentral itzulgarri baten eskema orokorra.

2.3.2 BONBEOZKO ZENTRAL MOTAK

Zentral hidroelektriko hauen erabilera zabaldu ahala, ingurune orografiko desberdinetara egokitze beharra sortu zen, hori dela azken urteotan eta bonbeozko zentral mota desberdinak garatu dira eta hauek bi azpitalde nagusietan banatu daitezke: bonbeozko zentral hidroelektriko purua eta zentral hidroelektriko itzulgarri mistoa.

2.3.2.1 BONBEOZKO ZENTRAL PURUA

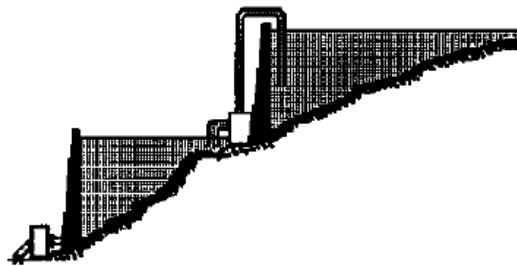
Bonbeozko zentral puruetan likidoaren mugimendua gorakorra edo beherakorra izango da tarifa elektrikoaren arabera eta beti ur bolumen berdina mugituko da, galerak kontuan hartu gabe. Hau da, beheko urtegiko ur ekarpenez aparte goiko urtegiak ez du ur ekarpen gehiago izango. Orokorrean mota honetan balantze energetiko negatiboa izan ohi da, hau da, zentralak sarera bidaltzen duen energia kantitatea baino gehiago kontsumitzen du. 2.3.2. Irudian zentral hidroelektriko puru baten eskema sinplifikatua ematen da.



2.3.2. Irudia. Bonbeozko zentral puruaren eskema sinplifikatua..

2.3.2.2 BONBEOZKO ZENTRAL MISTOA

Zentral hidroelektriko itzulgarri mistoetan goiko urtegiak ez du bakarrik beheko urtegiaren ura jasotzen, modu naturalean ere lortzen du ur. Ibai baten hondoa kokatzen diren zentralak dira zentral mota honen adibide argia. Kasu honetan galerak ez dira kontuan hartzen modu naturalean lortutako horniduraren bidez konpentsatzen direlako, hortaz bonbeo puruko zentralak baino koste baxuagoa izango dute. Zentral hauetan energia balantzea positiboa izango da, izan ere turbinaturiko uraren ondorioz lorturiko energia ponpaketan kontsumitutakoa baino handiagoa izango da, ura modu naturalean ere lortzen denez ez delako hainbeste ur bolumen ponpatu behar, 2.3.3. *Irudian* bonbeozko zentral mistoaren eskema orokorra ematen da.



2.3.3. *Irudia. Bonbeozko zentral mistoaren eskema sinplifikatua..*

2.3.3 BONBEOZKO ZENTRAL HIDROELEKTRIKOEN ABANTAILAK

Bonbeozko zentralak energia elektrikoaren kontsumitzaile netoak dira, baina sarean daukaten zeregina dela eta oso erabilgarriak dira kontsumo elektriko orekatu bat lortzea ahalbidetzen dutelako. Espainian bonbeozko 23 zentral aurkitu daitezke eta horietatik 7 bonbeo puruko zentralak dira (ikus [25]).

Zentral hauek daukaten elektrizitate kontsumoa eta sorrera kontutan izanda hurrengo abantaila ekonomiko eta teknikoak azpimarratu daitezke:

- Turbinatzean zentral hidraulikoen abantailak daukate, ezaugarri horien artea elektrizitatea sorketa eta salmenta aurkitzen dira.

- Turbinatzea abio azkar bat eduki arren erregulazio errazekoak direnez punta orduetako kontsumo guneak hornitzeko ezin hobeak dira.
- Bailara orduetan ponpatzen dutenean energia kontsumitzaileak direnez egunean zehar bilatzen den karga kurbaren orekatzea eragiten dute eta beraien funtzionamendu denbora ere handitzen da, makinaren bizitza teknikoa handituz. Funtzionamendu denbora hori handitzean produkzio kostuak murrizten dira eta zentral termikoen errentagarritasuna handitzen dute.
- Sare zona batean dauden bonbeozko zentralak, ingurune horren ekoizpen-kontsumoa oreka berrerazi dezakete isolatuta geratzen badira zonalde horretako sarearen elikaduran akatsen bat sortu delako inguruko oinarritzko zentralak euren erregimenean aldaketarik egin behar gabe

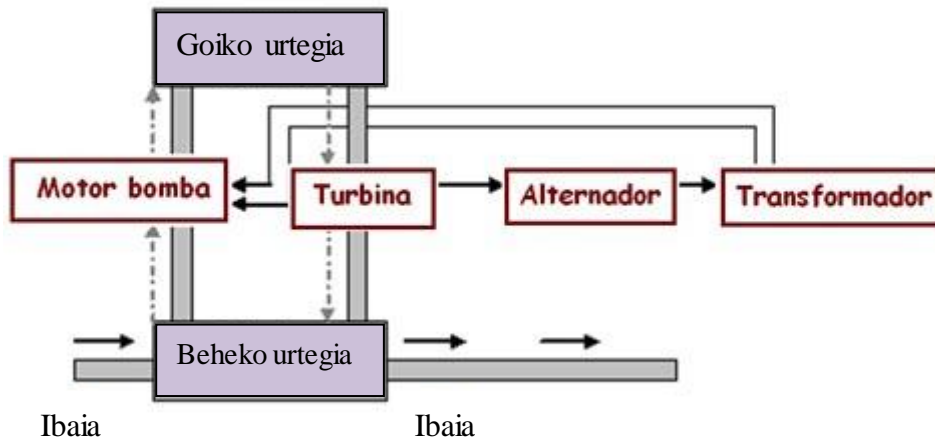
2.3.4 ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIAREN EKIPAMENDU ELEKTROMEKANIKOAREN EGITURA

Bonbeozko zentralaren ekipamendu elektromekanikotan aukera desberdinak aurkitzen dira, aukera horiek hurrengo puntuetan azalduko dira hauen artean egokiena aukeratu ahal izateko.

2.3.4.1 TALDE “CUATERNARIO”-A

Lau makina desberdinez osaturiko taldea da, alternadore, turbina, motor eta pompa batez osaturikoak alegia. Soluzio garestia dira eta soilik ezinbestekoa denean erabili behar den aukera da. Talde cuaternarioa aukera garestiena da lau makina egongo direlako instalatuta, baina egitura aldetik aztertuko diren beste bi taldeek baino egitura sinpleagoa dauka ez dagoelako enbrage baten beharrik alternadore-motor aldaketa egiterakoan. Kasuan honetan motor eta pompa taldea alde batetik egongo da eta turbina-alternadorea bestetik horrek prozesu aldaketari azkartasuna emango dio, gainera horri esker matxurak egonez gero konponketa errazten du, elkarrengandik independizatuak

daudelako. Horrez gain alternadorea eta motorra bi makina desberdinak direnez bizitza erabilgarri luzeagoa izango dute, ez baitira denbora guztian lanean egongo. 2.3.4 Irudian ikusi daiteke nolako den talde kuaternario muntaia.



2.3.4. Irudia. Talde kuaternarioa.

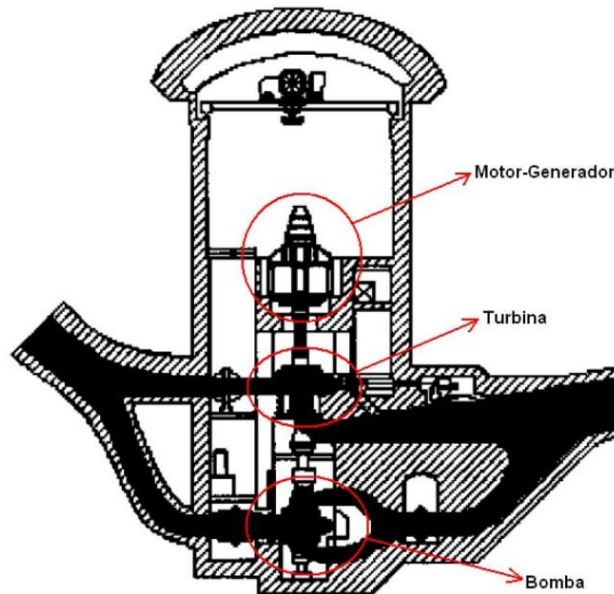
2.3.4.2 TALDE “TERNARIO” -A

Hiru makina desberdinez osaturiko taldea da, oraingoan alternadore-motor makina bat, turbina eta ponpa osatuta egongo da. Kasu honetan makina elektriko bakarra erabiliko da eta alternadore zein motor gisa lan egin dezake. Talde hauek horizontalak edo bertikalak izan daitezke.

Talde bertikal bat erabiliz alternadorea goiko partean kokatuko da, turbina erdialdean eta ponpa ordea azpiko partean. Kokapen horri esker kabitazio efektua murriztuko da. Kabitazio efektu hori ura ertz zorrotz batetik abiadura handiarekin igarotzean agertzen da, fluidoak jasaten duen deskonpresioaren ondorioz bertan burbuilak sortzen dira, eta hauek inguruko azalera osatzen duten metala erauzi dezakete. Horregatik, kasu honetan turbina edo ponpan sortu daitekeen kabitazio efektu horren murrizketa oso garrantzitsua, izan ere burbuilak alabeen kontra joko balute hauek pixkanaka hondatuz joango lirakeelako.

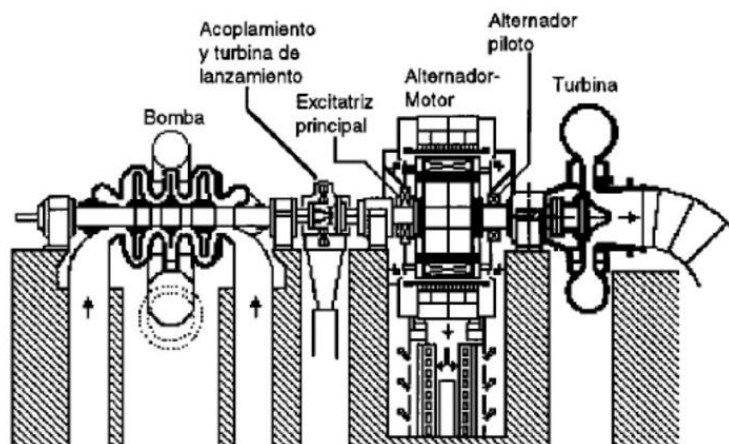
Orokorrean posizio honetan dauden taldeak akoplamendu mekaniko bat izan behar dute turbina eta ponparen artean, engrage baten modukoa, marruskadura galerak murrizteko eta rodetearen aireztapena egin ahal izateko sorgailu moduan lan egiten duenean. Baina, taldea ponpa moduan funtzionatzen duenean motor sinkronoak turbina ere mugiarazten du, hori dela eta goiko rodetea urez libre utzi behar da aire

konprimaturiko injezio bat erabilia. 2.3.5 Irudian talde ternario bertikal baten egitura ikusi daiteke.



2.3.5. Irudia. Turbina-Ponpa talde ternario bertikala.

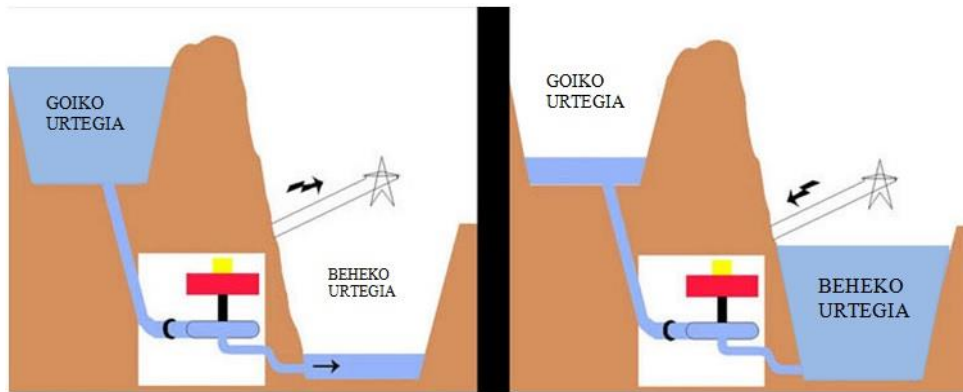
Beste aukera bat egitura horizontala erabiltzea da, kasu honetan alternador-motor parte zentrolean kokatuko da eta enbragea alde batean ezarriko da. Kasu honetan Pelton turbina txiki bat instalatuko da motor sinkronoaren abioan pareta nulua duelako eta errotorea sinkronismo abiadura izan behar duelako. Talde ternario bertikalaren eta horizontalaren arteko desberdintasunak ikusteko 2.3.5 eta 2.3.6. Irudiak konparatu daitezke.



2.3.6. Irudia. Turbina-Ponpa talde ternario horizontala.

2.3.4.3 TALDE “BINARIO” -A

Egituraketa hau bi makina desberdinez baino ez dago osatuta 2.3.7. *Irudian* ikusi daitekeen bezala: alternador-motor eta turbina-ponpa alegia. Normalean modu bertikalean instalatzen da alternadorea goiko aldean utzita. Talde hauetan turbinatik ponpa funtzionamendura pasatzerakoan makinaren noranzkoa aldatzen da eta alderantziz. Hori lortzeko makina asinkronoaren borneetan kokaturiko sekuentziaren inbertsio ebakigailu batzuk erabiltzen dira. Talde ternarioekin konparatuta koste, luzera eta obra zibil gutxiago behar dute, baina haiek errendimendua baxuagoa dute eta bibrazioa arriskua daukate, horrez gain biraketa bi noranzko dituen maniobra denbora gehiago behar dute.



2.3.7. *Irudia. Talde binarioa.*

2.4 HARTUTAKO EBATZIA

Memoriaren atal honetan hartutako ebatziaren deskribapen zehatz bat egingo da, bertan bonbeozko zentrolean erabiliko den turbina-ponpa taldea adieraziko da, aukera hau justifikatuz. Zentralaren diseinu egoki bat egin ahal izateko erabiliko den tresneriaren deskribapen zehatz bat emango da, makinei buruzko ezagutzak ezinbestekoak baitira.

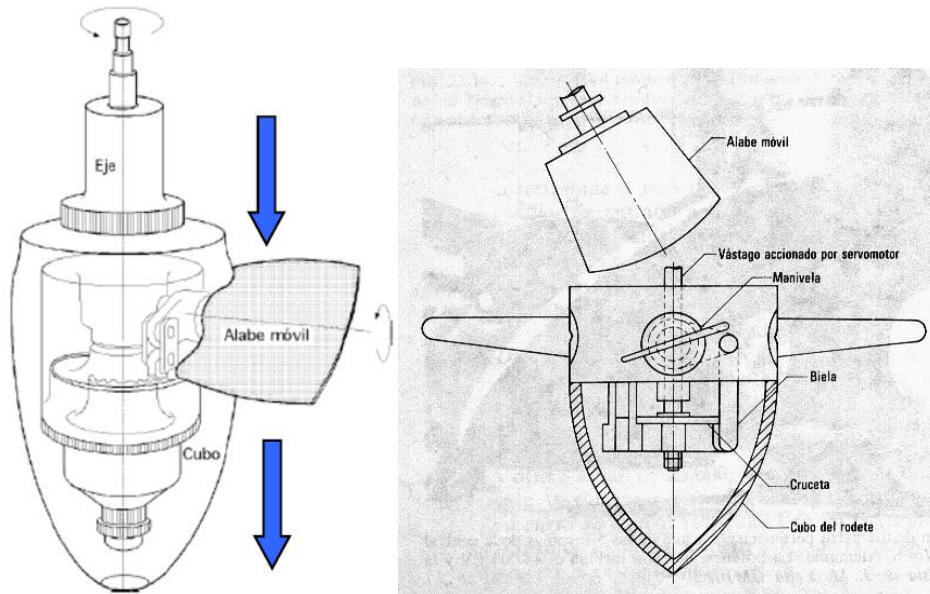
2.4.1 ZENTRAL HIDROELEKTRIKO ITZULGARRIA TURBINA-PONPA TALDEAREN DESKRIBAPENA

Aukera guztiak aztertu ostean talde elektromekaniko kuartenario batean erabiltzen duen bonbeozko zentral puru bat erabiltzea erabaki da. Aukera garestiena den arren alde batetik orografiaren ezaugarriak direla eta zentrala kokatuko den espazioa oso mugatua izango da eta bestetik lurzoruaren ezaugarriak direla eta ez dago beste bi talde tertziarioek beharreko obra zibila egiteko gaitasunik Beraz Kaplan turbina eta alternadore bezala jotatuko duen makina sinkrono batekin energia elektrikoa sortuko da, ordea ponpa zentripetu eta motor sinkronoa bat erabiliz energia elektrikoa kontsumitu beharko da ura behar deneko altuerara igoarazteko.

2.4.2 ERABILITAKO MAKINARIAREN DESKRIBAPEN TEKNIKOA (TEORIKOA)

2.4.2.1 TURBINA

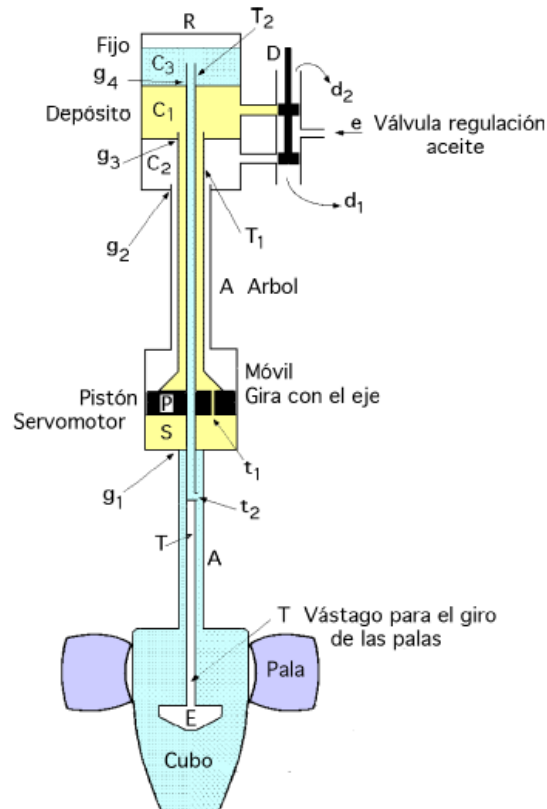
Bonbeozko zentralaren turbinaketa egiteko semiKaplan turbina bat erabiltzea erabaki da ingurunearen ezaugarriak direla eta. Kaplan eta semikaplan turbinak fluxu axialeko erreakzio turbinak dira, Kaplan turbina banatzaile eta alabe mugikorrekoturbina bati deritzo semiKaplan turbina, aldiz, alabe mugikorrekota eta banatzaile finkoko Kaplan turbina bati deritzo. Bi ezaugarri horiei esker turbinaren geometria egokitu daiteke eskaturiko kargaren arabera errendimendu onarekin lan egiten jarrai dezan 2.4.1 Irudian ikusi daiteke nolako den turbina mota honen egitura (ikusi [2]).



2.4.1. Irudia. Kaplan eta semiKaplan turbinen rodetea.

Erregulazio bikoitza izateak, alabe eta banatzailearen erregulazioa alegia, emari eta ur salto aldaketekin erabiltzea ahalbidetzen du, horrela Kaplan turbinak errendimendu onargarria lortu daiteke emari aldaketa emari nominalaren %15-%100 tartean mantentzen bada. SemiKaplan turbina ordea emari aldaketekin ondo funtzionatuko du bere lan tartea emari nominalaren %30-%100 mantenduz gero, baina ur jauzi aldaketekin ez du ondo funtzionatzen. Proiektu honen bidez garatuko den zentralaren saltoa finko mantenduko denez eta emari aldaketak oso txikiak izango direnez bi turbinetatik semiKaplan da aukerarik egokiena

Rodetearen alabeak beraien ardatzaren inguruan egiten dute bira biradera batzuen bidez eraginduak 2.4.2 Irudian ikusi daitekeen moduan. Biradera horiek rodetearen barnean dauden gurutzadun biela artikulatu batzuei daude lotua, biela horiek turbinaren barruan mugimendu bertikalak egiteko ahalmena daukate. Desplazamendu hori serbomotore hidrauliko baten bidez sortzen da turbina mugimenduan dagoenean . Turbinaren alaben mugimendua maneiatzen duen sistema zehaztasun handiagok 2.4.2 Irudian azertu daiteke (ikusi [10]).



2.4.2. Irudia. Kaplan turbinaren alaben mugimendua.

Turbina egokia aukeratzeko hurrengo puntuetan azalduko diren ezaugarriak hartu behar dira kontuan, sistemaren funtzionamendu egokirako ezinbestekoak direlako.

2.4.2.1.1 Emaria (Q)

Emaria denbora jakin batean isurtzen den ur kopurua bezala definitzen da. Normalean ur balio batekin edo urteko emari minimo bezala kalkulatzen da, kasu honetan segundoko isuritako ur bolumenari deritzo. Bere balioa (4.1) ekuazioaren bidez lortu daiteke.

$$Q = \frac{V}{t} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (4.1)$$

Non,

V: ur bolumena (m^3)

t: denbora (segundotan)

2.4.2.1.2 Ur jauzia (H)

Turbina baten ur salto erabilgarria makinak erabiliko duen energiari deritzo, parametro hau ezagutzeko uraren posizioen arteko altuera diferentzia jakin behar da. Balio hau metrotan ematen da.

2.4.2.1.3 Potentzia (P)

Kaplan turbina baten potentzia erabilgarria makinaren ardatzean aurkitzen den potentziari deritzo, hau da turbinaren irteerako potentzia da. Hau alternadoreak izango duen potentziaren balioa adierazteko erabiltzen den parametroa da.

$$P = \gamma \cdot H \cdot Q \cdot \eta \quad (4.2)$$

Non,

P: turbinaren ardatzaren potentzia (kW)

H: ur jauzia (m)

Q: emaria (m³)

γ : Pisu espezifiko. $\gamma = \rho \cdot g$

ρ : uraren dentsitatea. 1 kg/m^3

g : grabitatearen azelerazioa. $9,81 \text{ m/s}^2$

η : Turbinaren errendimendua. (%)

(4.2) ekuazioa erabiliz potentzia turbinan sorturiko potentzia kalkulatu daiteke, beraz potentzia hau alternadorera joango da eta bertan energia elektrikoak eraldatu ostean sarera bidali ahal izango da transformadore baten bidez tentsio handitu ondoren.

2.4.2.1.4 Abiadura espezifikoa

Turbina baten abiadura espezifikoa erabiliko den turbinaren baliokidea den eta metro bateko ur jauziarekin 1W potentzia sortzen duen turbinaren abiaduraren balioa izango da. Balio hau lortzeko (4.3,) (4.3.a) eta (4.3.b) adierazpenak erabiliko dira:

$$n_s = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}} \quad (4.3.)$$

$$n_s = \frac{n \cdot Q^{1/2}}{H^{3/4}} \quad (4.3.a)$$

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (4.3.b.)$$

Non,

n_s : turbinaren abiadura espezifikoa (rpm)	Q: emaria (m^3/s)
n : turbinaren biraketa abiadura (rpm)	P: turbinaren potentzia (kW)
f : sareko maiztasuna (Hz)	H: ur salto netoa (m)
p : alternadorearen polo pare kopurua	

2.4.2.2 PONPA

Ponpa hidraulikoak ura xurgatzen dute rodetearen mugimenduaren ondorioz, likidoari energia zinetikoa eta altuera lortzeko gaitasuna emanaz. Rodetetik kanporatzen den fluidoaren norabidearen arabera ponpa mota desberdinak aurkitu daitezke. Kasu honetan bonbeozko zentrolean erabiliko dena ponpa radiala edo zentrifugoa izango da. Ponpa mota honetan fluidoa kanporatzean likidoak lortzen duen mugimendua rodetearen ardatzarekiko perpendikularra izango da. Ponparen funtzionamendu egokia bermatzeko turbinan bezala, zenbait parametro hartu behar dira kontuan. Ezaugarri horiek hurrengo puntuetan azaltzen den bezala (ikusi [9] eta [3])

2.4.2.2.1 Emaria (Q)

Emaria denbora jakin batean isurtzen den ur kopurua bezala definitzen da. Normalean ur balio batekin edo urteko emari minimo bezala kalkulatzen da, kasu honetan segundoko isuritako ur bolumenari deritzo. Bere balioa lortzeko modua (4.1) eta (4.4) erabilia da, ekuazioak turbina eta ponpetan berdinak izan behar dira ez delako makinaren ezaugarrien menpeko aldagai bat.

$$Q_{ponpa} = \frac{V}{t} \quad \left[\frac{m^3}{s} \right] \quad (4.4.)$$

Non,

V: ur bolumena (m^3)	t: denbora (segundotan)
--------------------------	-------------------------

2.4.2.2.2 Altuera manometrikoa (H)

Altuera manometrikoak ponpak likidoari eman beharreko altuera da, ponpak eman beharreko presio bezala ere ezagutzen da parametro hau. Altuera hau metrotan neurtzen den arren (4.5) adierazpenean ematen diren unitate desberdinen arteko erlazioak kontuan izan behar dira. Altuera manometrikoaren balioa ordea (4.6) ekuazioaren bidez lortu daiteke.

$$1 \text{ atm} = 1,033 \text{ kg/cm}^2 = 1,013 \text{ bar} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 10,33 \text{ m.c.a.} \quad (4.5)$$

$$H = H_g + P_c + 10 \cdot \frac{P_i - P_a}{\gamma} \quad (4.6)$$

$$H_g = H_a + H_i \quad (4.7)$$

Non,

H_g : saltoaren altuera

H_a : xurgatze altuera

H_i : inpultsu altuera (altura de impulsión)

P_c : Karga galerak

P_i : likidoa inpultsaturiko gainazalaren presioa

P_a : likidoa xurgatuko den ur gainazalaren presioa

γ : uraren pisu espezifikoa

$\frac{P_i - P_a}{\gamma}$ adierazpenaren bidez bi gainazal likidoen arteko presio diferentzia zati pisu espezifikoa lortzen da. Bi ur gainazalak ingurune edo biltegi ireki batean egonez gero jasango duten presioa atmosferikoa izango da, beraz $P_i = P_a$ izango da eta parametro hau ez da kontuan izango. Proiektu honetan biltegiak irekita daudenez urtegiaren eta biltegien presioak berdinak izango dira, ondorioz aldagai hau ez da kontuan izango.

P_c parametroa urak hodiedatik, balbuletatik ... pasatzerakoan jasandako karga galeren (m) adierazlea da. Parametro honen balioa lortzeko eranskinetako 4.Dokumentuan atxikitutako Galera kargen taula erabiliko da.

2.4.2.2.3 Potentzia (P)

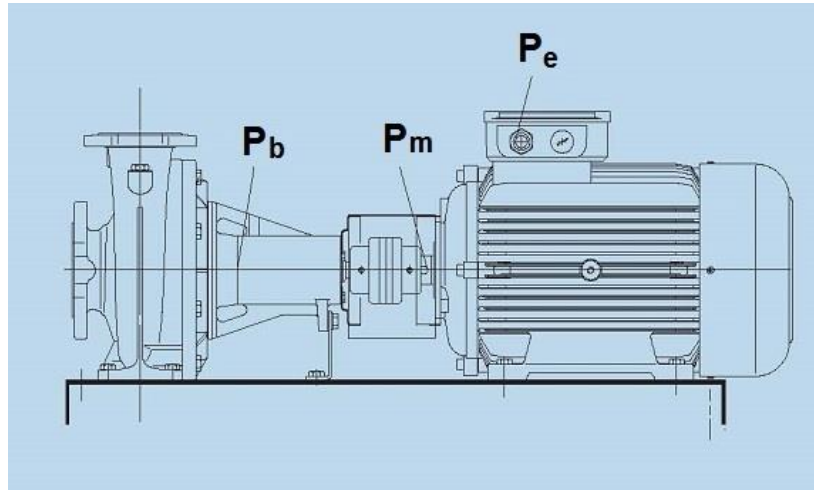
Ponpaketa talde batean kontsumituriko potentzia ez da likidora transmititurikoaren berdina. Fluidoak, bonbeozko zentralaren kasuan ura, potentzia erabilgarri bat jasoko du eta ez da saretik kontsumitutakoaren berdina izango. Potentzia erabilgarri teorikoa kalkulatzeko (4.8) ekuazioa erabiliko da

$$P_u = \gamma \cdot Q \cdot H \quad (4.8.)$$

Non,

P_u : ponparen potentzia erabilgarria (kW)	ρ : uraren dentsitatea. 1 kg/m^3
H : ur jauzia (m)	g : grabitatearen azelerazioa. $9,81 \text{ m/s}^2$.
Q : emaria (m^3/s)	γ : Pisu espezifiko. $\gamma = \rho \cdot g$

Potentzia erabilgarria edo teorikoa (P_u) urak jasoko duen potentziaren balioa izango da, baina kontuan hartu behar da ponpaketa taldea ponpa eta eragingailua den motor elektriko batez osatua dagoela 2.4.3 Irudian adierazten den moduan.



2.4.3. Irudia. Ponpaketa taldea.

Hori jakinda kontsumituriko potentziaren balioa kalkulatzeko ponpaketa taldearen osagai guztien galerak ere hartu behar dira kontuan. Galera hauek lortzeko (4.8.a) adierazpenak erabiliko da:

$$P_b = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{367 \cdot \eta_H \cdot \eta_V} \quad (4.8.a)$$

Non,

P_b : ponparen ardatzak jasoko duen potentzia (kW)

H: ur jauzia (m)

Q: emaria (m^3/s)

η_H : errendimendu hidraulikoa (%)

ρ : uraren dentsitatea. 1 kg/m^3

g: grabitatearen azelerazioa. $9,81 \text{ m/s}^2$.

γ : Pisu espezifikoa. $\gamma = \rho \cdot g$

η_V : errendimendu bolumetrikoa (%).

Errealitatean makinak ez direnez idealak funtzionatzerako orduan izango dituzten galerak hartu behar dira kontuan. Hori dela eta errealitatean makinaren errendimenduak azertu behar dira kontuan. Ponpen kasuan fabrikanteak eman behar dituen bi errendimendu hartu behar dira kontuan, parametro hauek ondoren azaltzen diren ezaugarriak dituztelarik.

η_H : errendimendu hidraulikoa (%). Datu hau ponparen fabrikatzaileak emandako datua da. Honekin fluidoaren marruskadura dela eta, ponparen hormetan, balbula eta rodetearen sortzen diren galerak neurtzen dira. Altuera manometrikoaren koefizientearen berdina da, hau da urak lortuko lukeen altuera teorikoaren eta errealaren arteko diferentzia adierazten du. Errendimendua hidraulikoaren balio tipikoak pompa handietarako hurrengo balioak izan ohi ditu egoeraren arabera: $0.95 < \eta_H < 0.97$ tartean dago, txikietan aldiz $0.85 < \eta_H < 0.88$ tartean diseinu sinpleago bat izaten dutelako.

η_V : errendimendu bolumetrikoa (%). Datu hau ponparen fabrikatzaileak emandakoa da. Parametro honen bidez pompa barruan uraren ihesak direla eta sor daitezkeen galerak adierazten dira. Errendimendu bolumetrikokoaren balio tipikoak emari handiko eta exekuzio zainduko pompa batentzat. $0.97 < \eta_V < 0.98$ tartean dago, emari txikiko eta exekuzio zainduko pompa batentzat aldiz, $0.94 < \eta_V < 0.96$ eta azkenik, emari txikiko eta exekuzio erregularra daukan pompa batentzat $0.89 < \eta_V < 0.92$ tartean.

Behin errendimenduarekin erlazionatutako ezaugarri horiek kontuan hartuta pompak kontsumituko duen potentziaren balioa kalkulatu daiteke (4.8.b) ekuazioa erabiliz.

$$P_e = \frac{\sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi}{1000} \quad (4.8.b.)$$

Non;

P_e : kontsumituriko potentzia elektrikoa (kW)	I: estatoreak kontsumituriko korronea (A)
U : sareko zerbitzuaren tentsioa (V)	$\cos \varphi$: potentzia faktorea

Hau guztia kontuan izanda (4.8) ekuazioan emandako potentzia erabilgarriaren balioa murriztuko dela deduzitzen da, bere benetako balioa (4.8.c) ekuazioaren bidez emanda datorrelarik motorraren galera mekanikoak ere kontutan hartuta :

$$P_u = P_b \cdot \eta_H \cdot \eta_V \quad (4.8.c.)$$

$$P_u = P_e \cdot \eta_H \cdot \eta_V \cdot \eta_M = P_e \cdot \eta_G \quad (4.8.d.)$$

$$\eta_G = \eta_H \cdot \eta_V \cdot \eta_M \quad (4.8.e.)$$

Potentzia erabilgarriaren eta kontsumituaren arteko erlazioa (4.8.c) adierazpenaren bidez lor daiteke

Non,

P_u : potentzia erabilgarria (kW)	η_G : Ponparen errendimendu globala (%).
P_e : kontsumituriko potentzia (kW)	η_H : errendimendu hidraulikoa (%)
H: ur jauzia (m)	η_V : errendimendu bolumetrikoa (%)
Q: emaria (m^3/s)	η_M : errendimendu mekanikoa (%)

2.4.2.3 ALTERNADOREA:

Makina sinkronoen funtzionamendua eremu birakarietan oinarritzen da, horrek esan nahi du, ez dagoela harilkadura batetara eroandako korronterik eta korronea bestearen harilkadurak sorturiko indar elektroeragileak sorraraziko duela. Makina hauetan errotoareko abiadura sinkronismo abiaduraren berdina da makina asinkronoetan ez bezala. Sorgailu sinkronoak, n biraketa abiadura edo sinkronismo abiadura, sareko maiztasunarekin zuzenki erlazionatuta daukate.

Makina hauek sorgailu edo motor modura lan egiteko gaitasuna izan arren normalean sorgailu bezala erabiltzen dira. Hori dela eta zentral elektrikoek alternadore bezala erabiltzen dira gehienetan.

Alternadore sinkronoak abiadura konstantea behar duten aplikazioetan erabiltzen dira. Ezaugarri hori eta bonbeozko zentralaren turbinaren abiadura konstante mantendu behar dela kontutan izanda makina sinkrono bat erantsiko zaio semiKaplan turbinaren biraketa ardatzari energia elektrikoa lortzeko (ikus [17] eta [12]).

Alternadoreko abiaduraren balioa (4.9) adierazpena emanda dator, kontuan izanda alternadorea turbinaren biraketa ardatzera lotuta egongo dela turbinaren eta alternadorearen biraketa abiadura berdina izan behar dela, horregatik deduzitzen da (4.3.b) eta (4.9) adierazpenak berdinak izango direla.

$$n = \frac{60 \cdot f}{p} \quad (4.9)$$

Non:

n : turbinaren biraketa abiadura eta alternadorearen biraketa abiadura (rpm)	f: sareko maiztasuna (Hz). Europan 50 Hz-ko balioa dauka.
p: alternadorearen polo pare kopurua	

Alternadoreak sortu eta kontsumituko dituen potentziak kalkulatzeko, (4.10), (4.11) eta (4.12) adierazpenak erabiliko dira. Hauek potentzien triangeluan oinarrituta dauden motor sinkrono trifasiko baten potentzien adierazpenak dira.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi_1 \quad (4.10)$$

Non:

U : saretik lorturiko tentsioaren balioa	$\cos \varphi_1$: potentzia faktorea
I : Alternadoreak izango duen korronea	P: Potentzia aktiboa (kW)

$$Q = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \sin \varphi_1 \quad (4.11)$$

Non:

U : saretik lorturiko tentsioaren balioa	sin φ_1 :
I : Alternadoreak izango duen korronea	Q: Potentzia erreaktiboa (kVAr)
n : turbinaren biraketa abiadura eta alternadorearen biraketa abiadura (rpm)	f: sareko maiztasuna (Hz). Europan 50 Hz-ko balioa dauka.

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2} . \quad (4.12.)$$

Non:

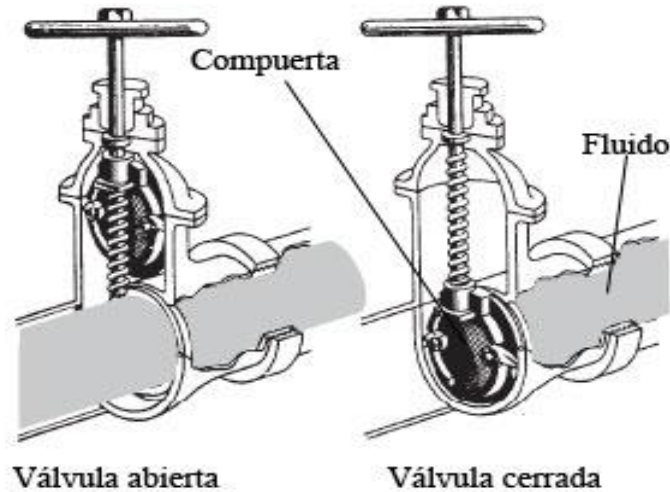
P: Potentzia aktiboa (kW)	S: Itxurazko potentzia	n : turbinaren biraketa abiadura eta alternadorearen biraketa abiadura (rpm)
Q: Potentzia erreaktiboa (kVAr)		f: sareko maiztasuna (Hz). Europan 50 Hz-ko balioa dauka.

2.4.2.4 BALBULA

Hodi itxiak ireki eta ixteko erabiltzen diren elementuak dira. By-pass dispositibo bat erabiliz balbularen bi aldeetan presio berdina mantentzen da, horrela arazorik gabe ireki eta itxi ahal izateko (ikusi [5]).

Balbula mota desberdinak aurkitu daitezke merkatuan, mugimendu motaren arabera sailkatzen direnak:

- **Uhate motakoak:** Mugimendu bertikaleko balbulak dira, bi posizio bakarrik dauzkate, guztiz irekiak edota guztiz itxiak, hortaz ez dira erregulatu behar. Hauen abantaila nagusia, jasaten duten higadura txikia da. Normalean ondoko isurbideetan erabiltzen diren arren proiektu honetarako hau erabiliko da turbina eta ponparen hodiak elkarrengandik isolatzeko. 2.4.4 Irudian ikusi daiteke balbula hauen eskema (ikusi [7]).



2.4.4. Irudia. Uhate motako balbula.

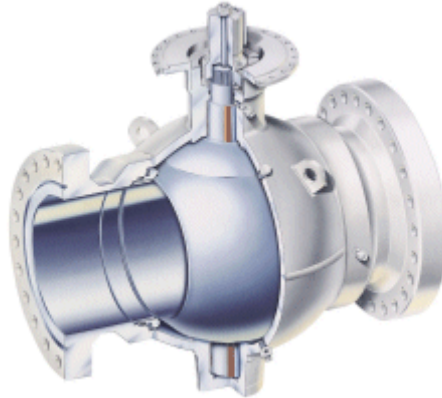
- **Tximeletako balbulak:** Ardatz diametral baten inguruan biratzen duten disko itxurako balbulak dira, balbula mota honetan irekidura eta ixte angelua erregulatu daiteke. Erregulazio horri esker ur emaria kontrolatu daiteke. Aurrekoekin konparatuta balbula hauen higadura handiagoa da uraren talkaren ondorioz. Higadura horren eraginez denbora bat pasa ostean balbula horiek ez dira guztiz hermetikoak izango eta uraren filtrazioak sor ditzakete. 2.4.5 Irudian ikusi daiteke balbula hau.



2.4.5. Irudia. Tximeleta balbula.

- **Balbula esferikoak:** balbula mota hau esfera batez dago osatua, bertan ur hodiaren diametroko igarotze zulo bi dauzka. Uraren pasoa

kontrolatzeko esfera biraraziko da, mugimendu horren ondorioz zulo horiek hodiarekin bat egiterakoan ura pasatzea ahalbidetuko dute. Ordea biratzerakoan zuloa eta hodia ez badatoz bat uraren igarotzea etenduko da. Normalean ur hodi bortxatuetan erabiltzen da. 2.4.6 *Irudian* ikusi daiteke balbula nolakoa den.

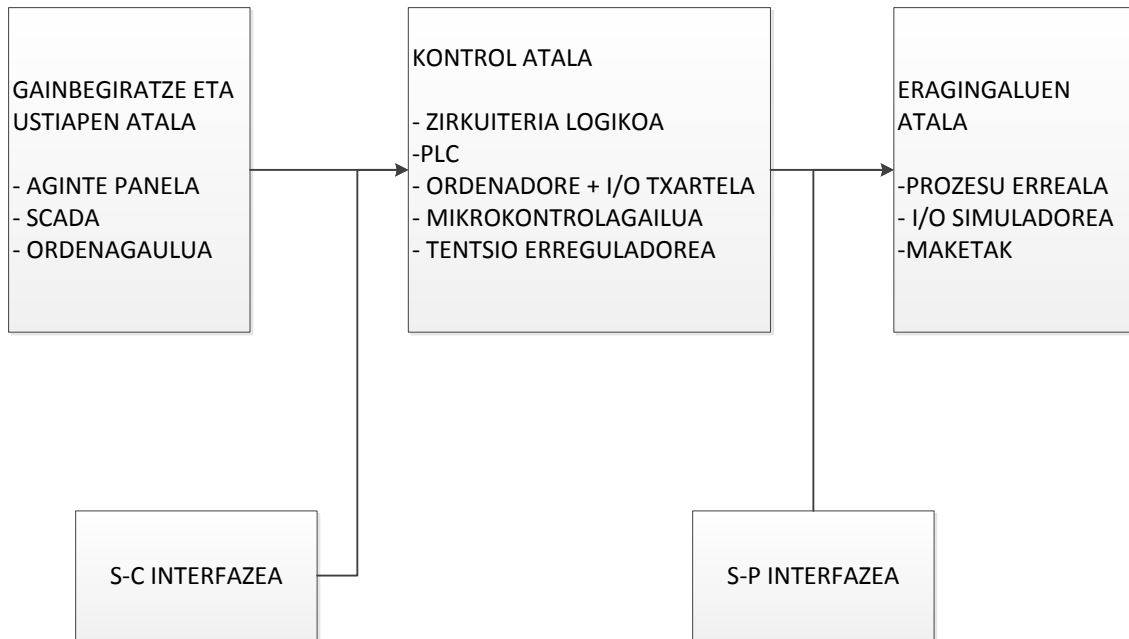


2.4.6. *Irudia. Balbula esferikoa.*

2.4.2.5 PLC EDO AUTOMATA PROGRAMAGARRIA :

Automata programagari bat eremu industrial batean funtzionatzeko diseinaturiko sistema elektronikoa programagari da, memoria programagari bat erabiltzen du erabiltzailearentzako instrukzioak gordetzeko. Instrukzio horiek funtzio logikoak, sekuentziak, tenporizadoreak, kontadoreak eta funtzio aritmetikoak gauzatzea ahalbidetzen du sarrera eta irteera digitalen kontrola ahalbidetuz.

Automata programagari bat ondo funtziona dezan, Memoria dokumentuaren “2.Erabilitako Tresneria” atalean esan bezala, bloke minimo batzuk eduki behar ditu. Hurrengo puntuetan PLC baten funtzionamendurako ezinbestekoak diren atal horiek azalduko dira, 2.4.7 *Irudian* ikusi daiteke bloke hauen kokapena.



2.4.7. Irudia. Automatizaturiko sistema baten egitura.

2.4.7 Irudian ematen den automatizaturiko sistema baten egitura kontutan izanda, automata programagarri baten oinarritzko bloke funtzional horiek azalduko dira ondorengo ataletan (ikus [6]).

2.4.2.5.1 Elikadura Iturria

Elikadura iturriaren betebeharra automatak kanpotik jasotiko tentsioa erabiliz PLCaren zirkuituak elikatzeke tentsioak sortzea da. Elikadura iturrian bateria bat aurkitu daiteke segurtasun sistema bezala funtziona dezan, horri esker kanpoko tentsioa etenez gero memorian gordetako datuak mantendu eta programa exekutuz jarraitu lezake automatak.

2.4.2.5.2 Sarrera Blokea

Sentsoreen eta sarrerako gailuen seinaleak kodifikatu eta egokitzen dituen modulua da, hau egin ezean CPUak ez lituzke seinale horiek ulertuko. Sentsore mota

desberdinetatik jaso ditzake seinaleak, desberdintasun horiek kontuan izanda bi multzo nagusitan banatu daitezke: pasiboak eta aktiboak.

- Kaptadore pasiboak izeneko multzoan akzio mekaniko baten ondorioz beraien egoera logikoa aldatzen duten gailuak daude, hala nola etengailuak, pultsadoreak, karrera amaierak, etab.
- Kaptadore aktiboen taldean ordea egoera aldaketa jasateko tentsio bat jaso behar duten gailu elektronikoak sartzen dira, hau da talde honetan sentsoak daude. Hainbat sentso mota aurkitu daitezke talde honen barruan: induktiboak, erresistiboak, kapazitiboak, etab baina guztiek elikatuta egon behar dira funtzionatu ahal izateko. Orokorrean kaptadore aktiboak automata beraren elikadura iturriaren bidez elikatu daitezke. Kaptadore moduan etengailu elektrikoak ere erabili daitezke, hauek zirkuituan daukaten funtzioaren arabera itxita edo irekita egongo dira.

2.4.2.5.3 Irteera Blokea

Bloke honen betebeharra automataren CPUtik datozen seinaleak deskodifikatu eta aplikatzea da eragingailuetara bidali aurretik. Hau egin ezean eragingailuek ezingo lukete jasotako seinalea ulertu edota sumatu beraz, funtzionamendu egokirako ezinbesteko modulu bat da.

2.4.2.5.4 CPU

Memorian kargaturiko instrukzioak irakurtzeko eta interpretatzeko gai den elementu adimentsua da, sarrera egoeraren arabera irteerei buruzko erabakiak hartzeko gaitasuna daukana.

Orokorrean PLC-n CPUa 8, 16 edo 32 biteko mikroprozesadoreetan oinarritzen dira. Mikroprozesadore horiek sarreren instrukzioak maneiatzeko, seinaleen egoera ezagutzeko, prozesamendu logikoa, tenporizazioa, sekuentzializazioa, kontaktak eta operazio aritmetikoak egiteko gaitasuna daukate.

2.4.2.5.5 Interfazeak

2.4.2.15.5.1. Programazio kotsola edo programazio pantaila

Programazio kotsola langilea eta sistemaren komunikazioa ahalbidetzen duen pantaila da, hemen programak idatzi eta berriku daitezke. Pantaila hauek normalean kontrol eta programazio arazoak konpontzeko software display eta ordenagailu batez daude osatuak. Kotsola hauen oinarritzko funtzioak programaren transferentzia, eraldaketa, egiaztapena eta prozesuari buruzko informazioa ematea da.

2.4.2.15.5.2. Periferikoak

Periferikoek ez dute zuzenean eragiten automataren funtzionamenduan baina langilearen lana errazten dute. Periferiko aipagarri batzuk: inprimagailuak, EEPROM memoriak, ikusgailuak) eta operazio panelak dira

PLCaren sarrerak zentraletik informazioa jasotzen duten sentsoreak izango dira, horiei esker bonbeozko zentralaren egoera orokorra eta erabilitako makineriaren kontrola egin ahal izango da SCADA ingurunea erabilia. Hurrengo puntuetan erabiliko diren sentsoreen funtzionamendua eta sentsore motaren azalpen bat emango da.

2.4.2.5.6 Sarrera eta Irteerak

2.4.1 Taulan PLC-ak izango dituen sarrera eta *2.4.2 Taulan* irteeren taula aurkitu daitezke. Taula hauen bidez programazioa egiterako orduan erabiliko diren izenak eta direkzioak esleituko dira

Taula 2.4.1. PLC-aren sarrerak

IRTEERAK	IZENA	HELBIDEA	DATU MOTA	AZALPENA
1)	RUN	DB1.DBW 0.0	BOOL	Abiarazteko sakagailua (0: OFF eta 1:ON)
2)	STOP	DB1.DBW 0.1	BOOL	Geldiketa sakagailua (0: OFF eta 1:ON)
3)	ALARMA	DB1.DBW 0.2	BOOL	Alarma sakagailua (0: OFF eta 1:ON)
4)	REARME	DB1.DBW 0.3	BOOL	Berrabiarazteko botoia (0: OFF eta 1:ON)
5)	Auto_Esku	DB1.DBW 0.4	BOOL	Funtzionamendu Automatikoa:0 eta Eskuzko funtzionamendua:1
6)	B_1_S	I 0.5	BOOL	1. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
7)	B_2_S	I 0.6	BOOL	2. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
8)	B_3_S	I 0.7	BOOL	3. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
9)	B_5_S	I 1.1	BOOL	5. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
10)	B_6_S	I 1.2	BOOL	6. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
11)	B_7_S	I 1.3	BOOL	7. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)
12)	B_8_S	I 1.4	BOOL	8. Balbularen sentsorea (0: IREKITA eta 1: ITXITA)

13)	T_t	I 1.5	BOOL	Turbinaren takometroa
14)	T_p	I 1.6	BOOL	Ponparen takometroa
15)	T_a_h	I 2.1	BOOL	Alternadorearen errodamenduen temperatura
16)	T_o	I 2.2	BOOL	Lubrikaziorako olioaren temperatura
17)	P_o	I 2.3	BOOL	Lubrikaziorako olioaren presioa
18)	K_t	I 2.4	BOOL	Turbinaren kaudalimetroa
19)	K_p	I 2.5	BOOL	Ponparen kaudalimetroa
20)	M_S_1_max	I 2.6	BOOL	1. Biltegiaren maila sentsorea maximoa
21)	M_S_1_min	I 2.7	BOOL	1. Biltegiaren maila sentsorea minimoa
22)	M_S_2_max	I 3.0	BOOL	2. Biltegiaren maila sentsorea maximoa
23)	M_S_2_min	I 3.1	BOOL	2. Biltegiaren maila sentsorea minimoa
24)	Pos	I 3.2	BOOL	Alabeen posiziorako sentsorea
25)	F	I 3.3	BOOL	Alternadorearen frekuentzimetroa
26)	T_M_B	DB1.DBW 0.5	BOOL	Turbina Martxan baimentzeko botoia
27)	P_M_B	DB1.DBW 0.6	BOOL	Ponpa Martxan baimentzeko botoia
28)	P_M_E	DB1.DBW 0.7		Ponpa martxan jartzeko eskuzko agindua
29)	P_G_E	DB1.DBW 1.0		Ponpa gelditzeko eskuzko agindua

30)	T_M	I 3.6	BOOL	Turbina Martxan
31)	T_G	I 3.7	BOOL	Turbina Geldi
32)	1_B_ITX_E	DB1.DBW 1.5	BOOL	1. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
33)	2_B_ITX_E	DB1.DBW 1.6	BOOL	2. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
34)	3_B_ITX_E	DB1.DBW 1.7	BOOL	3. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
35)	4_B_ITX_E	DB1.DBW 2.0	BOOL	4. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
36)	5_B_ITX_E	DB1.DBW 2.1	BOOL	5. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
37)	6_B_ITX_E	DB1.DBW 2.2	BOOL	6. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
38)	7_B_ITX_E	DB1.DBW 2.3	BOOL	7. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
39)	8_B_ITX_E	DB1.DBW 2.4	BOOL	8. Balbula ixteko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
40)	1_B_IR_E	DB1.DBW 2.5	BOOL	1. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
41)	2_B_IR_E	DB1.DBW 2.6	BOOL	2. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
42)	3_B_IR_E	DB1.DBW 2.7	BOOL	3. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
43)	4_B_IR_E	DB1.DBW 3.0	BOOL	4. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan

44)	5_B_IR_E	DB1.DBW 3.1	BOOL	5. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
45)	6_B_IR_E	DB1.DBW 3.2	BOOL	6. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
46)	7_B_IR_E	DB1.DBW 3.3	BOOL	7. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
47)	8_B_IR_E	DB1.DBW 3.4	BOOL	8. Balbula irekitzeko pultsadorea eskuzko funtzionamenduan
48)	A_IR_E	DB1.DBW 3.5	BOOL	Alabeak ireki posizio maximora eskuzko funtzionamenduan
49)	A_ITX_E	DB1.DBW 3.6	BOOL	Alabeak itxi posizio minimora eskuzko funtzionamenduan
50)	T_M_E	DB1.DBW 1.1	BOOL	Turbina Martxan eskuzko funtzionamenduan
51)	T_G_E	DB1.DBW 1.2	BOOL	Turbina geldi eskuzko funtzionamenduan
52)	AL_M_E	DB1.DBW 1.3	BOOL	Alternadorea eskuzko funtzionamenduan martxan
53)	AL_G_E	DB1.DBW 1.4	BOOL	Alternadorea eskuzko funtzionamenduan gelditu
54)	sinkronoskopia	I 6.5	BOOL	Sarera konektatzeko baimena ematen duen makina: fase + maiztasun berdina
55)	B_4_S_0	I 6.6	BOOL	4.Balbula itxita
56)	B_4_S_1	I 6.7	BOOL	4.Balbula erdi irekita
57)	B_4_S_2	I 7.0	BOOL	4.Balbula itxita

58)	Pos_max	I 7.1	BOOL	Alabeak turbinatzeko prestatuta (itxita)
59)	Pos_min	I 7.2	BOOL	Alabeak ura pasatzen utzi (irekita)
60)	Lubrikazioa	DB1.DBW 3.6	BOOL	Turbinaren lubrikazioa eskuz eman dela bermatzen duen agindua

Taula 2.4.2. PLC-aren irteerak

IRTEERAK	IZENA	HELBIDEA	DATU MOTA	AZALPENA
1.	1_B_ITX	Q 0.0	BOOL	1.Balbula ixteko agindua
2.	1_B_IR	Q 0.1	BOOL	1.Balbula irekitzeko agindua
3.	2_B_ITX	Q 0.2	BOOL	2.Balbula ixteko agindua
4.	2_B_IR	Q 0.3	BOOL	2.Balbula irekitzeko agindua
5.	3_B_ITX	Q 0.4	BOOL	3.Balbula ixteko agindua
6.	3_B_IR	Q 0.5	BOOL	3.Balbula irekitzeko agindua
7.	4_B_ITX	Q 0.6	BOOL	4.Balbula ixteko agindua
8.	4_B_IR	Q 0.7	BOOL	4.Balbula irekitzeko agindua
9.	5_B_ITX	Q 1.0	BOOL	5.Balbula ixteko agindua
10.	5_B_IR	Q 1.1	BOOL	5.Balbula irekitzeko agindua
11.	6_B_ITX	Q 1.2	BOOL	6.Balbula ixteko agindua
12.	6_B_IR	Q 1.3	BOOL	6.Balbula irekitzeko agindua
13.	7_B_ITX	Q 1.4	BOOL	7.Balbula ixteko agindua
14.	7_B_IR	Q 1.5	BOOL	7.Balbula irekitzeko agindua
15.	8_B_ITX	Q 1.6	BOOL	8.Balbula ixteko agindua
16.	8_B_IR	Q 1.7	BOOL	8.Balbula irekitzeko agindua
17.	P_M	Q 2.0	BOOL	Ponpa martxan jartzeko agindua

18.	P_G	Q 2.1	BOOL	Ponpa gelditzeko agindua
19.	A_IR	Q 2.2	BOOL	Turbinaren alabeak ireki
20.	A_ITX	Q 2.3	BOOL	Turbinaren alabeak itxi
21.	AL_M	Q 2.4	BOOL	Alternadorea martxan
22.	AL_G	Q 2.5	BOOL	Alternadorea gelditu
23.	sare_interrup_IR	Q 2.6	BOOL	Sarera konektatzeko interruptorea irekita
24.	sare_interrup_ITX	A 2.7	BOOL	Sarera konektatzeko interruptorea itxita

2.4.2.6 SENTSOAREAK

2.4.2.6.1 Takometroa

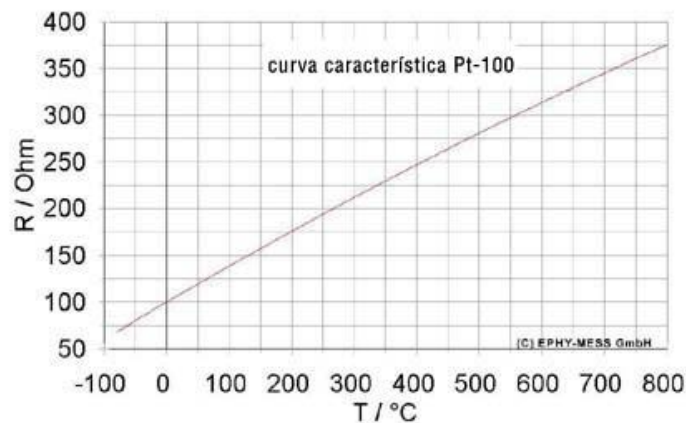
Abiadura ezagutzea kontrolerako ezinbestekoa denez, parametro hau neurtzeko sentsoareak behar dira kasu honetan takometro bat erabiltzea erabaki da. Neurketa gailu honen zehaztasuna $\% \pm 0,5$ -ekoa da 6000 rpm abiadurentzat. Maiztasuneko takometroak edo jasotako korrante alternoko seinaleek emandako pultsuak neurtzen dituzten transduktore elektromagnetikoez, optikoez edota kapazitiboak izan daitezke. Pulsu horiek makinaren biraketa abiadurarekiko proportzionalak dira. Transduktoreak ez dauka kontaktu mekanikorik ardatz birakorrarekin. Maiztasunaren neurketa rpm-en neurketan oinarrituriko kontadore elektronikoa batera bideratzen da

Beste maiztasuneko takometro mota bat metodo optikoak erabiliz abiadura neurtzen duena da. Dispositibo hauek neurtu nahi den ardatz birakorrean kokatzen den disko opaku bat dute, diskoaren periferian zulo batzuk edukitzeaz gain, iturri eta zelula foto-zelula batez daude osatuak. Foto-zelulak diskoaren zuloetatik zeharkatzen duen argi izpia jasotzen duenean argi inpulsurekiko dependentea den maiztasun bat sortzen du, hau da, abiaduraren menpeko maiztasuna (ikus [20]).

2.4.2.6.2 Temperatura sentsorea (Pt100)

Makinen temperatura kontrolatzea garrantzitsua denez hozketak sistemak erabiltzen dira, eta hozketa sistema horiek kontrolatu ahal izateko momentu oro makinan dagoen temperatura ezagutu behar da. Horretarako temperatura sentsoreak erabiltzen dira, ohikoenak LM35 eta Pt100 direlarik. Proiektua garatzeko Pt100 sentsorea erabiltzea aukeratu da.

Pt100 sentsorea RTD (Dispositibo Termo Resistiboa) transduttore berezi bat da. Egituraren aldetik 0°C-tan 100Ω-ko balio erresistiboa daukan platinozko alanbre batez dago osatua. Balio erresistibo hori modu ez linealean handituz doa temperatura igo ahala 2.4.8 Irudian adierazten den moduan .



2.4.8. Irudia. Pt100 kalibrazio kurba.

Pt100 industrialak normalean “termopare” bezala enkapsulatzen dira, hau da altzairu herdoilgaitzaz osaturiko hodi baten barruan sartzen dira eta parte sentikorra (platinozko alanbrea) hodi horren mutur batean jarriko da eta bestean ordea aluminiozko kutxa borobil baten barruan terminal elektrikoa kokatuko da. Egitura honi esker kableak babestuta geratzen dira buruaren barruan. Pt100 sentsorea tresneriaren hurrengo partetan jarriko dira (ikusi [19]).

- Errodamenduen temperatura
- Hozketa sistemaren temperatura
- Lubrikaziorako olioaren temperatura
- Sorgailuaren harilkaduren temperatura

2.4.2.6.3 Presostato

Presostatoa lubrikaziorako olioaren presio mantentzeko erabiliko da, gailu hauei esker zirkuitu pneumatiko eta hidraulikoetan presioaren erregulazioa eta kontrola egin daiteke. Behin presioa doiketan ezarritako balioa lortzen duenean zirkuitua itxiko da eta presioa jaisten den momentuan zirkuitua irekiko da.

Funtzionamendu honi esker turbina eta ponpatik olioazko hozketa egiten dela bermatzen da. Hozketa sistema beti eduki behar du olioaren hozketa egokia egin ahal izateko, hori dela eta presostatoak erabili behar dira. Sistemaren olioaren ezean presostatoko zirkuitua itxita egongo da denbora oro. Baina hozketa sistemak oliorik gabe geratuz gero zirkuitua irekiko da, gailuak ez duelako presiorik nabaritu. 2.4.9 Irudian ikusi daiteke presostato elektronikoa baten egitura nolako den (ikusi [20]).



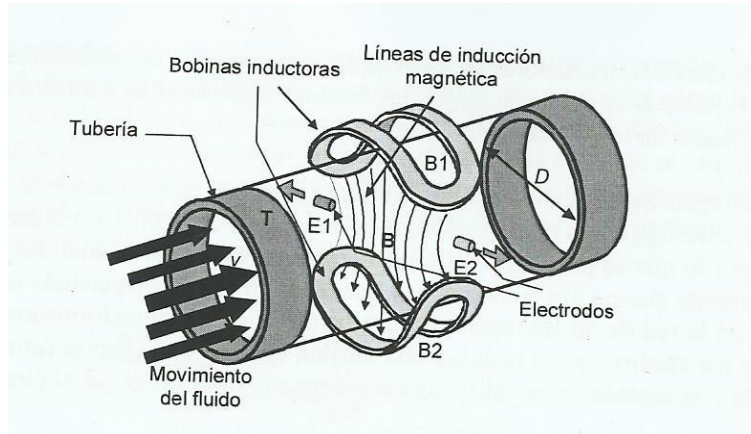
2.4.9. Irudia. Presostato Elektronikoa.

2.4.2.6.4 Kaudalimetroa

Kaudalimetro mota anitz aurkitu daitezke merkatuan: rotametroak, elektromagnetikoak, Venturi hodia, Pitot hodia, etab. Mota bakoitza behar baterako dago pentsatua, kasu honetan kaudalimetroa hodi batean kokatuta egongo den kaudalimetro elektromagnetiko bat erabili beharko da.

Kaudalimetro elektromagnetikoa hodietatik doazen likidoen emaria neurtzeko transduktoreak dira, neurtzea egin ahal izateko hodiak likidoz osorik beteta egon behar dira. Altzairu herdoiltzeko hodi zilindriko batez daude osatuak, hodiaren barneko partea

korrosioaren kontrako material isolatzaile batez dago estalita, bertatik lokikoa igaroko da. Hodi hori bi harilek (B1 eta B2) sorturiko eremu magnetikoaren menpe dago, bi haril hauek 2.4.10 Irudian ikusi daitekeen moduan modu bertikalean daude jarrita bata bestearen gainean. Ekipoaren plano horizontalean E1 eta E2 elektrodoak jartzen dira diametralki kontrakoak izateko.



2.4.10. Irudia. Kaudalimetro elektromagnetikoa.

Neurgailu hauen oinarria Faraday-ren indukzio legean oinarritzen dira. Lege honen arabera eroale baten induzituriko indar elektroeragile (i.e.e) bat eremu magnetiko batean mugitzen denean eroalearen abiadurarekiko proportzionala izango da. Kasu honetan eroalea hoditiko doan likidoa izango da, 10⁻³ siemens/metro-ko eroankortasun minimo bat izan behar duena, hori dela eta likidoaren abiadura induzituriko i.e.e-rekiko proportzionala dela eta perpendikularra izango da. Hemendik lorturiko seinalea amplifikatu beharko da. Lege honetan oinarrituz hurrengo adierazpenak lortzen dira

$$e = \int_{E_1}^{E_2} (v \times B) dl = vBD \quad (4.13.)$$

$$v = \frac{e}{BD} \quad (4.14.)$$

$$Q = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot v \quad (4.15.)$$

$$Q = \frac{\pi D}{4B} e \quad (4.16.)$$

Non,

B:bi harilen arteko eremu magnetikoa, hau da indukzio magnetikoa izango da

v: likidoaren batez besteko abiadura (m/s)

D: hodiaren diametroa

e: indar elektroeragilea

E1: B1 harilkaduraren eremu magnetikoa

E2: B2 harilkaduraren eremu magnetikoa

Beraz, metodo honen bidez neurturiko emaria ezagutzeko, hodiaren diametroa ezagutu behar da, indukzioaren balioa konstante mantendu eta indar elektroeragilea neur dezakeen zirkuitu baten beharra dago. Sentsore hauen elektrodoen polarizazioa ekiditeko harilkadurak korrante alternoko seinale karratu batekin elikatuko dira, seinale horrek sareko maiztasunaren multiploa ez den eta 2Hz eta 10 Hz arteko maiztasun batekoa izango da.

Kaudalimetro hauen abantaila nagusia fluidoren oztopatze eza eta parte mugikorren gabezia da. Transduktore honen zehaztasuna handia da 10^{-6} m/s-ko abiadurak baino handiagoak diren likido abiadurak antzeman ditzake alegia. Bere erabilerarako baldintza bakarra likidoaren eroankortasun minimoaren balioa da, erantzun azkarreko eta likidoen propietateekiko menpekotasun eza dauka. Orokorrean bere irteerako seinalearen balioa mikroboltetakoa denez anplifikazio baten beharra dago (ikusi [20]).

2.4.2.6.5 Maila sentsoreak

Maila sentsoreak ur biltegietako eta urtegiko ur maila neurtzeko erabiliko dira, maila maximoa eta minimoa adierazteko alegia. Bi neurketa modu aztertuko dira atal honetan: etengailua erabilia eta presostato bidezko ur maila neurketa.

Maila kontroleko interruptorea Arquimedesen printzipioan oinarritzen da, hau da uraren bolumena handitu ahala likidoa mugituko da eta desplazamendu hori erabiliz sentsorearen flotagailua gorantz edo beherantz mugiarazten. Etengailu hau polea, flotagailu eta kontrapisu batez dago osatua, horrela ur maila igo ahala flotagailua igoko da, horren ondorioz polearen biraketa angelua ur mailarekiko proportzionala izango da.

2.4.11 Irudian sentsore mota hauek duten egitura ikusi daiteke.



2.4.11. Irudia. Maila kontroleko interruptorea.

Beste alternatiba bat presio diferentzia neurtzea da, hau da hondoko presioa eta gainazaleko presioa erabilita altueraren balioa lortzean datza (4.17) ekuazioaren arabera.

$$h = \frac{\Delta P}{\rho g} = \frac{P_{\text{hondo}} - P_{\text{gainzal}}}{\rho g} \quad (4.17)$$

Non,

ΔP : Presio aldaketa $\rightarrow \Delta P = P_{\text{hondo}} - P_{\text{gainzal}}$

ρ : likidoaren dentsitatea

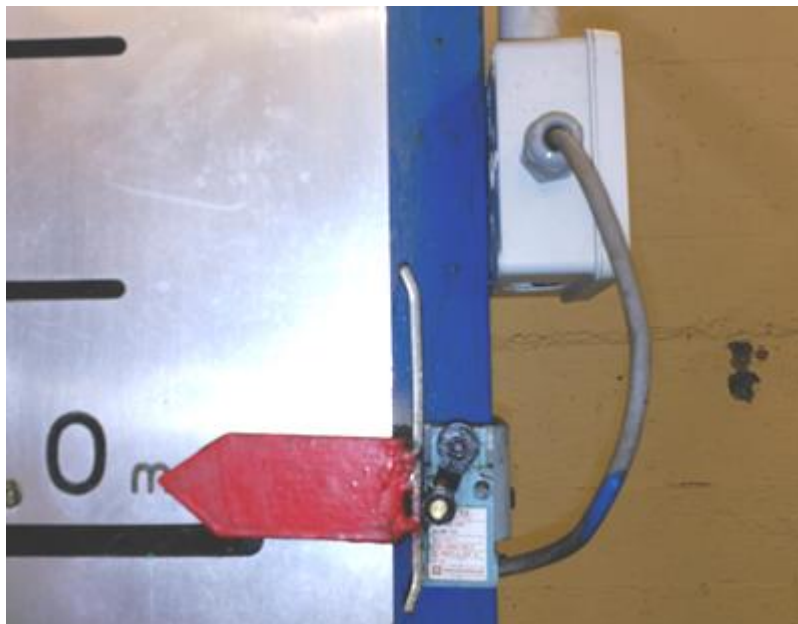
g : grabitatearen azelerazioa

Orokorrean maila kontroleko interruptorea ponpa elektrikoaren abioa eta urtegi baten ur maila adierazteko erabiltzen da. Bere diseinuari esker maila maximo eta minimoa kontrolatu daizteke. Flotadoredun etengailuak bere interruptore propioa darama instalatuta, hau da kutxa batean etengailuak aurkituko dira eta poleari lotuta dagoen balantza itxurako barra baten bidez itxiko da zirkuitua. Hori dela eta flotadorearen parte kontaktuekin gero maila maximoa lortu dela adieraziko du, kontrapisuaren etengailua aktibatzen bada ordea urtegi maila minimoa egongo da (ikus [20]).

2.4.2.6.6 Karrera amaiera

Sentsore hauek industrian oso erabiliak diren posizio sentsoreak dira, elementu mugikor baten posizioa sistema mekaniko baten bidez ezagutzea ahalbidetzen duten sentsoreak dira. Dispositibo elektromekaniko hauek kontaktu batzuetara konektaturiko eragingailuez daude osatuak. Objektua eragingailuarekin kontaktua egiterakoan dispositiboak kontaktuak aktibatuko ditu, kontaktu horiek konexio elektriko bat sortu edo etengo dute. Bi atalez daude osatuak: gorputza (kontaktuak aurkitzen diren gunea) eta burua (mugimendua detektatzen duena). Sentsorea sarrera digital batera konektatu behar da soilik ON/OFF seinale bat bidaltzen duelako, ON seinalea objektua detektatzerakoan emititzen da eta kontrari OFF seinalea ez denean detektatzen.

Funtzionamendu modua: neurketa elementuak ardatz bat gorantz bultzatuko du sentsorearen NC kontaktua ukitu arte, momentu horretan sistema mekanikoak seinale elektriko bat sortuko du neurketa elementua posizioa heldu dela adierazteko. Sistema mekanikoa malguki batez dago osatua, beraz malguki hori apurtuz gero sentsorea deskonektaturik geratuko da. 2.4.12 Irudian balbuletan erabiliko den karrera amaiera ikusi daiteke, kasu horretan balbula itxita dagoeneko egoera adieraziko da (ikusi [20]).



2.4.12. Irudia. Uhate balbulen karrera amaiera (Balbula itxita dagoenean).

2.4.2.6.7 Sinkronoskopia

SCR modulua (Sincronoscopio y Rele de Autorización de Acoplamiento) bi tentsio alternodun sistema edo tentsio polifasikodun sistemek maiztasun eta fase berdina daukatela adierazten duen gailua da. Alternadorea martxan jartzen den momentuan ez da zuzenean sarera konektatzen, goi tentsioko sarera konektatzeko lehenik transformadorearen bidez handitu behar da tentsioa baina horrez gain sortzen tentsioa sarekoaren maiztasun eta fase berdina eduki behar du.

Baldintza horiek bete ezean ezingo da sortutako energia ekoiztu. SCR moduluaren bidez sareko tentsioaren maiztasun eta fasea kontrolatzen da momentu oro eta alternadoreak sortutako tentsioa sarekoaren fase eta maiztasun berdina dauzkanean goi tentsioko etengailua ixten da alternadorea sarera konektatuz. 2.4.13. Irudian ikusi daitezke bi sinkronoskopia mota.

2.4.13 Irudiaren ezker aldean guztiz analogikoa den sinkronoskopia aurkitu daiteke kasu horretan langile bat sinkronoskopia ikuskatzen egon behar da konexioaren momentuan eta tentsioaren bi fase berdinu direla ikusten duenean beste langile bati etengailua ixteko agindua ematen dio. 2.4.13 Irudiaren eskumaldean sinkronoskopia digital bat aurkitu daiteke ordea dena egiten da modu digitalean, sinkronoskopiaak berak emango du abisua bi faseak berdintzen direnean. Gaur egun industrian biak erabiltzen diren arren sinkronoskopia digitala erabiltzea erabaki da langileen lana errazteko asmoz.



2.4.13. Irudia. Sinkronoskopia analogiko eta digitala.

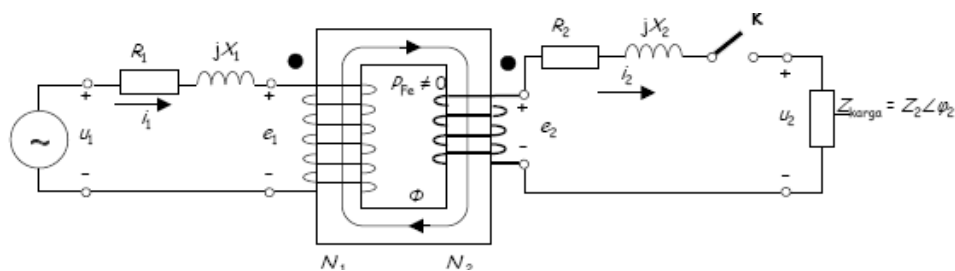
2.4.2.7 TRANSFORMADOREA

Transformadorea makina elektriko estatiko bat da, korrante alternoarekin elikatuko dena. Bi harilkadura nagusi desberdinu behar dira primario eta sekundarioa. Transformadoreak errendimendu altuko makina elektrikoak dira. Makina bat erabiltzerakoan garrantzitsua da bere egitura ezagutzea, kasu honetan nukleo batez, bi harilkaduraz, hozketa sistema bat, pasante isolatzaileak eta transformadoreko ezaugarri xafla dago osatua.

Nukleoa altzairu-siliziozko xaflaz dago egituratua eta sistemaren zirkuitu elektriko osatzen du. Zirkuitu magnetikoa zutabez, harilkadurak kokatzen diren atala) eta kulatez, zutabeak lotzen dituzten atalak, dago osatua.

Harilkadurek transformadoreko zirkuitu elektriko osatzen dute, kobrezko eroale batez daude osatuak. Tentsio altuko harilkadura eta tentsio baxukoaren arabera, transformadoreak kontzentrikoak edo alternatuak izan daitezke, kontzentrikoetan harilkaduraren forma zilindrikoa da eta alternatuetan ordea karratua.

Proiektu honen zentralaren transformadorearen potentzia ez denez oso handia makina barruan sortutako beroa bera bakarrik kanporatzeko gai izango da. Hori dela eta erabiliko den transformadorea lehorra izango da .



2.4.14. Irudia. Transformadore errealaren egitura.

Transformadore errealen transformazio erlazio hurrengo adierazpenen bidez lortuko da. Kontuan izanik E1 harilkadura primarioan dagoen tentsioa izango dela eta E2 ordea harilkadura sekundarioa edukiko dena: 2.4.14 Irudian aztertuz gero parametro horien osagaien kokapena ezagutu daiteke (ikusi [21]).

Errealitatean, transformadore errealetan ondorengo ekuazioak betetzen dira:

$$E_1 = 4'44 f N_1 \phi_m \quad (4.18.)$$

$$E_2 = 4'44 f N_2 \phi_m \quad (4.19.)$$

$$V_1 = E_1 + R_1 I_1 + jX_1 I_1 \quad (4.20.)$$

$$V_2 = E_2 + R_2 I_2 + jX_2 I_2 \quad (4.21.)$$

Non,

E_1 : Harilkadura primarioko tentsioa	E_2 : Harilkadura sekundarioko tentsioa
v_1 : Primarioko tentsioa	v_2 : Sekundarioko tentsioa
R_1 : Primarioko karga erresistiboa	R_2 : Sekundarioko karga erresistiboa
I_1 : Primarioko korronea	I_2 : Sekundarioko korronea
X_1 : Primarioko karga inductiboa	X_2 : Sekundarioko karga inductiboa
f: sareko maiztasuna	ϕ_m : Fluxu magnetikoa
N_1 :Primarioko espira kopurua	N_2 : Sekundarioko espira kopurua

Errealitatean aplikazio industrial batean ematen diren tentsio erorketak %1 - %10 tartean egoten direnez hurrengo sinplifikazioa onargarria da

$$V_1 = E_1 \quad (4.22.)$$

$$V_2 = E_2 \quad (4.23.)$$

Non V_2 sekundarioko tentsio hutsaren balioa izango den.

2.4.2.8 UR-BILTEGIAK:

Zentral honen diseinuan erabiliko diren biltegien kapazitatea 13000 m³-koko da, hemen turbinatuko den ura ordu puntetan biltegitratuko da, gero energia elektrikoan eraldatzeko.

Biltegi bakoitzak bi sensore edukiko ditu biltegiaren ur maila maximoa eta minimoa ezagutzeko ahalbidetuko dutenak, horri esker noiz turbinatu edo ponpatu jakin ahal izango da. Maila sensorearen bidez ur biltegian maila minimoa dagoenean informazio hori PLCra bidaliko da. Momentu horretan turbina gelditzeaz gain abisu bat agertuko da SCADA-n, turbinaren balbula itxiko da eta behin balbula hori itxi dela ponparen irekiko da, gainera ponpatzeko baimenduko da.

Ordea sensoreak maila maximoa markatzen duenean kontrako egoera sortuko da, zehatzago esateko SCADA interfazean abisua agertuko da, ponpa geldituz,

turbinaren balbula irekiz eta ponparen itxiz, horrez gain turbinatzeko agindua baimenduko da. Aginduak baimentzea ez du esan nahi agindua exekutatu denik, baizik eta nahi izatekotan, une horretan agindua eman daitekeela.

Sentsorearen kokapena biltegiaren goiko aldean izango da, flotadoredun maila sentsorea denez kontuan izan behar da biltegiaren ertz batean kokatuko dela (turbinaren eta ponparen hodietatik urrun neurketa faltsuak ez lortzeko). Horrez gain sentsoreen instalazioan kontuan hartu beharko da ur biltegien altuera zenbatekoa den, sentsorearen altuera horren araberako baita. (ikusi *Eranskinen 5. Dokumentua* biltegien planoak eta ezaugarriak ezagutzeko). 2.4.15 *Irudian* ikusi daitezke erabiliko diren biltegien benetako kanpo egitura.



2.4.15. *Irudia. Ur biltegiak.*

2.5 ARAUDIAK ETA ERREFERENTZIAK

Energia elektrikoaren garraioa eta komertzializazioa egiteko hurrengo araudiak jarraituko dira proiektu honetan

- RD 1955/2000 elektrizitatearen garraio, banaketa, komertzializazioa, horniketa eta energia elektrikoaren instalazioaren prozesuen baimentzea arau honen bidez zehazten da.
- Real Decreto 1164/2001, garraio sareen eta energia elektrikoaren tarifak ezartzeko araua.
- REAL DECRETO 1110/2007, sistema elektrikoaren neurketa puntuak ezartzeko arautegi bateratua onartzen da arau honen bidez.
- ORDEN de 12 de abril de 1999, Kontsumoaren neurketa puntuen eta energia elektrikoaren igarotzearen arautegiaren osagarriak diren instrukzio teknikoak.

2.6 BIBLIOGRAFIA

1. Udeaeducu. 2015. Udeaeducu. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://jaibana.udea.edu.co/grupos/centrales/files/capitulo_4.pdf
2. Ecuredcu. 2015. Ecuredcu. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.ecured.cu/index.php/Turbina_hidráulica
3. Endesaeducacom. 2015. Endesa Educa. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores
4. Kenneth, J & Redactores de chemical engineering magazine (1989). Bombas selección, uso y mantenimiento.
5. Greene, R.I.C.H.A.R.D. .W ([no date]). Válvulas selección, uso y mantenimiento.
6. Unlpeducar. 2015. Unlpeducar. [Online]. [4 September 2015]. Available from: <http://www.ing.unlp.edu.ar/electrotecnia/procesos/apuntes/ApuntePLC.pdf>
7. Valvulasymedidorescom. 2015. Valvulasymedidorescom. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.valvulasymedidores.com/valvulas_de_compuerta.html
8. Tecsimat, . 2013. KFP. [Online]. [5 September 2015]. Available from: www.globalkfp.es
9. Agüera soriano , J.O.S.E ([no date]). Mecánica de Fluidos Incompresibles y turbomáquinas hidráulicas. (5 ed.). Madrid: Ciencia 3 SL.
10. Udeaeducu. 2015. Udeaeducu. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://jaibana.udea.edu.co/grupos/centrales/files/capitulo_4.pdf
11. Ecuredcu. 2015. Ecuredcu. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.ecured.cu/index.php/Turbina_hidráulica
12. Endesaeducacom. 2015. Endesa Educa. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.endesaeduca.com/Endesa_educa/recursos-interactivos/conceptos-basicos/v.-funcionamiento-basico-de-generadores

13. Newcastleeduau. 2015. Newcastleeduau. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://csd.newcastle.edu.au/SpanishPages/clase_slides_download/C08.pdf
14. Romera, J. .P.E.D.R.O, Lorite, J. .A.N.T.O.N.I.O & Montoro, S.E.B.A.S.T.I.A.N (1994). Automatizacion Problemas Resueltos con Automatas Programables. : Paraninfo.
15. Stallings, W.I.L.L.I.A.M (2004). Comunicaciones y Redes de Computadores. (7 ed.). Madrid: Prentice Hall.
16. Scribdcom. 2015. Scribd. [Online]. [4 September 2015]. Available from: <https://es.scribd.com/doc/68833368/Captadores-Pasivos>
17. Unicanes. 2015. Unicanes. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://personales.unican.es/rodrigma/PDFs/Potencia_Estabilidad_sincronas.pdf
18. Ingebordacomar. 2015. Ingebordacomar. [Online]. [4 September 2015]. Available from: http://www.ingeborda.com.ar/biblioteca/Biblioteca_Internet/Articulos_Tecnicos_de_Consulta/Motores_electricos/motor_sincrono.pdf
19. Ariancl. 2015. Ariancl. [Online]. [4 September 2015]. Available from: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
20. Fraile mora, J.E.S.U.S, García gutiérrez, P.E.D.R.O & Fraile ardanuy, J.E.S.U.S (c2013). Instrumentación aplicada a la ingeniería . (3 ed.). Madrid: Garceta.
21. Córcoles lópez, F.E.L.I.P.E, Pedra i durán, J.O.A.Q.U.I.M & Salichs i vivancos, M.I.Q.U.E.L (1996). Transformadores. Barcelona: UPC.
22. Orille fernandez, A.N.G.E.L. .L.U.I.S (1993). Centrales Electricas I. (1 ed.). Barcelona: UPC.
23. Ariancl. 2015. Ariancl. [Online]. [4 September 2015]. Available from: <http://www.arian.cl/downloads/nt-004.pdf>
24. Ingenieriaruralcom. 2015. Ingenieriaruralcom. [Online]. [4 September 2015]. Available from: <http://www.ingenieriarural.com/Hidraulica/Temas/Tema13.pdf>
25. Orille fernandez, A.N.G.E.L. .L.U.I.S (1993). Centrales Electricas I. (1 ed.). Barcelona: UPC.